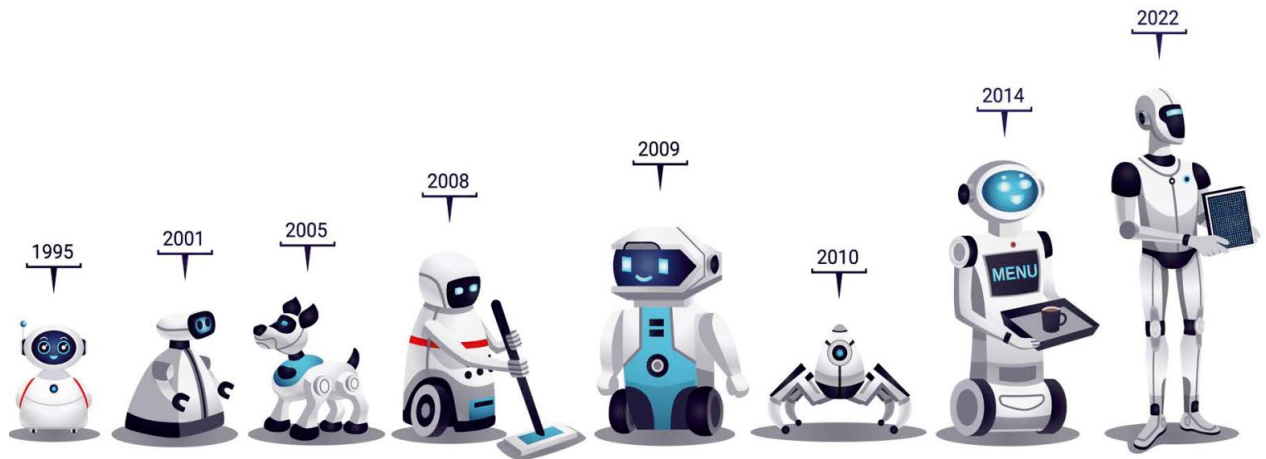


СТРУТИНСЬКА О.В.

**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ
ЗАСАДИ ПІДГОТОВКИ
МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ
ІНФОРМАТИКИ ДО НАВЧАННЯ
ОСВІТНЬОЇ РОБОТОТЕХНІКИ В
ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

МОНОГРАФІЯ



Міністерство освіти і науки України
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

О.В. Струтинська

**Теоретико-методичні засади підготовки майбутніх учителів
інформатики до навчання освітньої робототехніки в
закладах середньої освіти**

Монографія

Київ

УДК 378.091.3:373.5.011.3-051]:004

С 87

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (протокол №10 від 7 травня 2020 р.)

Рецензенти:

- Ю.С. Рамський,* доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій і програмування Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова
- Є.М. Смирнова-Трибульська* доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри гуманітарної освіти та наук педагогічної підтримки Сілезького університету (Польща)
- О.Г. Глазунова* доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інформаційних систем і технологій, декан факультету інформаційних технологій Національного університету біоресурсів і природокористування України

Струтинська О.В.

Теоретико-методичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти: монографія. Київ. Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова. 2020. 505 с.

ISBN 978-966-931-219-8

В монографії розглянуто теоретичні та методичні аспекти підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах освіти. Наведені результати дослідження показують актуальність даного питання зокрема й питань впровадження освітньої робототехніки в заклади освіти України в цілому. Монографія призначена для науковців, дослідників, вчителів, здобувачів вищої освіти, слухачів системи підвищення кваліфікації педагогічних кадрів та всіх, хто цікавиться впровадженням і використанням освітньої робототехніки в навчальному процесі.

ISBN 978-966-931-219-8

© Струтинська О.В., 2020

© НПУ імені М.П. Драгоманова, 2020

Зміст

Зміст	3
Перелік скорочень	6
Передмова	8
Вступ	12
Розділ 1. Теоретичні основи цифрової трансформації освіти на сучасному етапі розвитку суспільства	28
1.1. Тенденції розвитку цифрових технологій на сучасному етапі становлення цифрового суспільства	28
1.2. Цифрова трансформація різних галузей суспільної діяльності як ключовий напрям розвитку сучасного суспільства	36
1.2.1. Аналіз концепції "цифрової трансформації"	36
1.2.2. Концепція "Індустрія 4.0" як цифрова трансформація виробництва	48
1.2.3. Майбутні професії, пов'язані з цифровими технологіями	53
1.2.4. Навички для майбутніх професій.....	64
1.2.5. Ініціативи країн Європейського Союзу в галузі цифрової трансформації	72
1.2.6. Узагальнена модель цифрової трансформації.....	80
1.2.7. Законодавчі ініціативи України в галузі цифрової трансформації	86
1.3. Теоретичний аналіз проблем трансформації освіти в умовах розвитку цифрового суспільства.....	97
1.3.1. Ініціативи країн ЄС у галузі трансформації освіти.....	97
1.3.2. Модель цифрової трансформації освіти	108
1.3.3. Цифрова трансформація освіти в Україні: передумови і перспективи.....	116
1.3.4. Цифрова трансформація в закладах вищої освіти.....	120

1.4. Сучасні освітні тренди в умовах цифрової трансформації освіти..	126
Висновки до розділу 1	136
Розділ 2. Теоретичний аналіз проблем розвитку STEAM-освіти в Україні та світі.....	139
2.1. Поняття про STEM-освіту. Розвиток STEAM-освіти	139
2.2. Впровадження STEAM-освіти в Україні	147
2.3. Аналіз підходів до побудови моделі STEAM-компетентностей....	156
2.4. Перспективні напрями розвитку STEAM-освіти	172
Висновки до розділу 2	178
Розділ 3. Теоретичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки	181
3.1. Сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі.....	181
3.2. Освітня робототехніка як напрям STEAM-освіти.....	190
3.2.1. Освітня робототехніка як сучасний освітній тренд	190
3.2.2. Міжпредметні зв'язки освітньої робототехніки	203
3.3. Зарубіжний досвід навчання освітньої робототехніки.....	210
3.4. Тенденції розвитку освітньої робототехніки в закладах позашкільної освіти	222
3.5. Шляхи впровадження освітньої робототехніки в заклади середньої освіти	230
Висновки до розділу 3	248
Розділ 4. Методичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти	252
4.1. Особливості розвитку сучасного покоління учнів та студентів в умовах становлення цифрового суспільства	252
4.2. Сучасний стан навчання освітньої робототехніки в українських закладах вищої освіти	268
4.3. Компетентності у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів: структура, критерії та рівні сформованості.....	272

4.4. Підготовка майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти як педагогічна проблема ..	294
4.5. Структура і зміст авторської моделі формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики	305
4.6. Основні компоненти методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки.....	316
4.6.1. Мета і зміст підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки	316
4.6.2. Структура і зміст навчання дисципліни "Основи робототехніки"	336
4.6.3. Структура і зміст навчання дисципліни "Методика навчання робототехнічних систем"	347
4.6.4. Методи і технології підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки	367
4.6.5. Навчальні електронні курси для дистанційного навчання освітньої робототехніки	377
4.6.6. Методичні рекомендації щодо впровадження в освітній процес розроблених компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки	382
4.7. Особливості проведення педагогічного експерименту і його результати.....	385
Висновки до розділу 4	390
Висновки	394
Перелік термінів і понять	402
Список використаних джерел	411
Додатки.....	489

Перелік скорочень

AR	Augmented Reality (доповнена реальність)
DIY	Do it yourself (мейкерство)
ER	Educational Robotics (освітня робототехніка)
MOOC	Massive Open Online Course (масовий відкритий онлайн курс)
MR	Mixed Reality (змішана реальність)
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development (Організація економічного співробітництва та розвитку)
PISA	Programme for International Student Assessment (програма міжнародного оцінювання студентів)
STEM	Science, Technology, Engineering, Mathematics (природничі науки, технології, інженерія, математика)
STEAM	Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics (природничі науки, технології, інженерія, мистецтво, математика)
R in E	Robotics in Education (робототехніка в освіті)
VR	Virtual Reality (віртуальна реальність)
ЄС	Європейський Союз
ЗВО	заклад вищої освіти
ЗМІ	засоби масового інформування
ЗСО	заклад середньої освіти
ІК-компетентність	інформаційно-комунікаційна компетентність
ІКТ	інформаційно-комунікаційні технології
ІТ	інформаційні технології
МАН	Мала академія наук
МВОК	масовий відкритий онлайн курс
ОПП	освітньо-професійна програма

ОР

освітня робототехніка

ЦТ

цифрова трансформація

Передмова

*Потреби суспільства просувають
науку більше, ніж сотні університетів
(Ф. Енгельс)*

В наш час сучасні інформаційно-комунікаційні технології інтенсивно впроваджуються в усі сфери життя людини: промисловість, військова, космічна, автомобільна галузі, авіація, медицина, освіта, сфера обслуговування, побут тощо. В свою чергу, темпи розвитку технологій і науково-технічного прогресу в цілому призводять до необхідності підготовки великої кількості кваліфікованих ІТ-фахівців.

Однією з таких ІТ-галузей, яка на теперішній час інтенсивно розвивається, є робототехнічна. Сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі характеризується прискоренням швидкості автоматизації виробництва у найближчі роки; значним зростанням обсягу виробництва промислових, побутових та інших видів роботів; збільшенням інтересу найбільших світових компаній до робототехнічних стартапів; зростанням попиту на спеціалістів робототехнічної галузі в цілому, оскільки вже зараз існує нагальна потреба у фахівцях для розробки, конструювання і програмування роботів. Як наслідок, це призводить до підвищення популярності робототехніки як освітнього тренду в Україні і світі.

Таким чином, сучасна освіта повинна швидко адаптуватись до потреб суспільства і надавати учням такі знання, які в майбутньому дозволили б їм стати конкурентоспроможними в ІТ-індустрії взагалі й в робототехнічній галузі зокрема. Цілком очевидно, що закладати фундамент відповідних навичок і компетентностей необхідно зі школи, що спричиняє необхідність у підготовці вчителів, які будуть навчати освітньої робототехніки.

Дана наукова монографія спрямована на дослідження питань теоретичної і практичної підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти.

У першому розділі проаналізовано тенденції розвитку цифрових технологій на сучасному етапі становлення цифрового суспільства; розглянуто процеси цифрової трансформації різних галузей суспільної діяльності, в тому числі освітньої; охарактеризовано сучасні освітні тренди в умовах цифрової трансформації освіти; запропоновано авторські узагальнені моделі цифрової трансформації освіти і цифрової трансформації закладів вищої освіти, визначено кроки, які необхідно здійснити для цього.

Зокрема визначено, що в умовах інтенсивного розвитку цифрових технологій, цифровізації й цифрової трансформації багатьох галузей людської діяльності, швидкої зміни затребуваних на ринку праці професій і, відповідно, професійних вимог до компетентностей фахівців, освітня діяльність потребує оновлення змісту і методів навчання, пошуку інноваційних форм навчання, розширення доступу до навчальних ресурсів, реалізації можливостей навчання без обмежень за просторовою та часовою ознаками, впровадження нових підходів до організації надання освітніх послуг в цілому.

Одним із шляхів реалізації цього є модернізація професійної підготовки майбутніх учителів шляхом оновлення освітніх програм, розробки методичних систем навчання нових дисциплін. Зазначене сприятиме підготовці педагогічних кадрів, здатних ефективно працювати в умовах цифрового суспільства.

Другий розділ монографії присвячено аналізу проблем розвитку STEAM-освіти в Україні та світі. Зокрема розглянуто питання впровадження STEAM-освіти в Україні, проаналізовано зарубіжний досвід з питань побудови структури STEAM-компетентностей; визначено перспективні напрями розвитку STEAM-освіти. За результатами дослідження запропоновано авторську модель STEAM-компетентностей для вчителів.

У третьому розділі розглянуто теоретичні питання підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти. Зокрема, охарактеризовано освітню робототехніку як перспективний напрям STEAM-освіти, а саме розглянуто сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі; уточнено зміст поняття "освітня робототехніка", її міжпредметні зв'язки; проаналізовано зарубіжний досвід навчання освітньої робототехніки, тенденції її розвитку в закладах позашкільної освіти, запропоновано шляхи її впровадження в заклади середньої освіти.

Четвертий розділ монографії присвячений методичним засадам підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти. Для цього охарактеризовано сучасний стан навчання освітньої робототехніки в українських закладах вищої освіти, проведено аналіз підготовки до її навчання майбутніх учителів.

На основі побудованої моделі STEAM-компетентностей для вчителів визначено структуру компетентностей у галузі освітньої робототехніки для вчителів. Запропоновано авторську модель формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики, визначено умови та етапи їх формування.

Розглянуто основні компоненти методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки. Зокрема визначено мету та зміст навчання, дібрано методи і технології навчання; охарактеризовано розроблені навчальні електронні курси з освітньої робототехніки для дистанційного навчання; розроблено методичні рекомендації щодо впровадження в освітній процес розроблених компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки. Як приклад, розглянуто структуру і зміст навчання дисциплін "Основ робототехніки" і "Методика навчання робототехнічних систем".

Пропонована робота може бути корисною науковцям, дослідникам, вчителям, здобувачам вищої освіти, слухачам системи підвищення кваліфікації педагогічних кадрів, а також усім, хто цікавиться питаннями впровадження і використання освітньої робототехніки в навчальному процесі.

Вступ

Актуальність теми дослідження. Інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) є каталізатором розвитку сучасного суспільства. Їх впровадження в усі сфери людської діяльності дало поштовх для розвитку цифрових технологій, до яких відносять: штучний інтелект, робототехніка, інтернет-речей, блокчейн, 3D друк тощо. Вони в свою чергу сприяють змінам виробництва, освіти, медицини, ринку праці, засобам спілкування, опрацювання і передавання даних тощо. Саме тому цифрова трансформація суспільства є пріоритетним напрямом розвитку багатьох країнах.

Такі тенденції призводять до необхідності швидкої зміни затребуваних на ринку праці професій і, відповідно, вимог до професійних компетентностей сучасних фахівців. Цифрова трансформація освіти передбачає оновлення змісту та методів навчання, використання інноваційних форм та засобів навчання, розширення доступу до відкритих освітніх ресурсів, враховуючи і цифрові, впровадження нових підходів до надання освітніх послуг в цілому.

Для того щоб бути конкурентоспроможними на сучасному ринку праці фахівці мають мати аналітичне, системне, критичне, креативне та інноваційне мислення; знати іноземні мови, вміти працювати в міжкультурному просторі; ефективно комунікувати; працювати в групових проєктах, в тому числі в режимі багатозадачності й умовах невизначеності; володіти цифровою, інформаційною і медіаграмотністю, розуміти важливість кібербезпеки тощо. Такі компетентності потрібні для вирішення фахівцями інноваційних завдань підприємництва, які базуються на запровадженні STEM/STEAM-освіти.

За останні роки Україна здійснила ряд важливих кроків у цьому напрямі. Зокрема, у 2020 році затверджено "Концепцію розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)", реалізація якої спрямована на модернізацію STEM/STEAM-освіти, її впровадження на всіх рівнях освіти, встановлення партнерства з роботодавцями і науковими установами, їхнє залучення до розвитку природничо-математичної освіти.

Відповідно до Закону України "Про освіту" формування в учнів математичної компетентності, компетентностей у галузі природничих наук, техніки, технологій, які лежать в основі розвитку STEM-освіти, повинно здійснюватись протягом здобуття загальної середньої освіти. Зазначене також відповідає цілям сталого розвитку України згідно з затвердженим в 2019 році Указом Президента України ("Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року").

Для підготовки молоді до майбутніх професій у галузі високих технологій до основних складових STEM/STEAM-освіти важливо також залучати й сучасні галузі, що швидко розвиваються. До таких напрямів належить і робототехніка, сучасний стан розвитку якої характеризується зростанням обсягу виробництва різних видів роботів; впровадженням робототехнічних механізмів, комплексної автоматизації виробництва в багатьох галузях суспільної діяльності та прискоренням швидкості автоматизації виробництва в цілому.

Стрімкий розвиток робототехніки як прикладної галузі спричиняє потребу в підготовці відповідних кваліфікованих фахівців, оскільки вже зараз існує нагальна потреба у спеціалістах для розробки, конструювання та програмування роботів.

Аналіз глобальних трендів розвитку робототехніки як прикладної галузі, стану її розвитку, системний аналіз наукових, методичних і інформаційних джерел з питань використання робототехніки в освіті, вивчення питання підготовки майбутніх учителів для навчання дітей основ робототехніки, стану її впровадження в закладах середньої і вищої освіти, а також результати наукових досліджень, проведених за участю автора даної роботи, показав, що:

1. Робототехніка є ефективним засобом для вивчення важливих галузей науки, конструювання й базується на широкому використанні сучасних цифрових технологій у виробництві та високому інтелектуальному рівні фахівців, які будуть працювати в умовах інноваційної економіки.

2. Існує нагальна потреба у навчанні учнівської молоді основ робототехніки – для підготовки фахівців до майбутніх професій, пов'язаних з робототехнічною галуззю; розвитку в учнів наукового мислення, технічної творчості, дослідницьких умінь, навичок роботи в команді тощо. Це вказує на необхідність введення освітньої робототехніки в шкільну програму.
3. Підготовка майбутніх фахівців у галузі робототехніки потребує оновлення змісту навчання шкільної та університетської освіти відповідно до вимог сьогодення. Тому на теперішній час особливого значення набувають питання впровадження робототехніки у навчальний процес закладів вищої освіти (ЗВО) як обов'язкової складової підготовки майбутніх учителів.

Дослідженню питань модернізації освіти, зокрема й у процесі підготовки майбутніх учителів, присвячені роботи таких вчених, як: Р.Ф. Абдєєв, В.С. Автономов, С.А. Алексеєва, А.М. Алексюк, В.П. Андрущенко, В.Ю. Биков, В.І. Бондар, Ю.А. Бондарчук, Т.А. Вакалюк, Т.Я. Вдовичин, О.Г. Глазунова, Ю.В. Горошко, І.В. Гирка, П.Є. Демченко, М.Б. Євтух, М.І. Жалдак, М.С. Корець, В.Г. Кремень, О.Г. Кузьмінська, О.І. Ляшенко, Н.Г. Ничкало, О.М. Матвієнко, Н.В. Морзе, О.Ю. Мороз, Я.Я. Никорак, В.О. Огнев'юк, В.В. Осадчий, Ю.С. Рамський, О.Я. Савченко, С.О. Семеріков, Є.М. Смірнова-Трибульська, В.В. Стешенко, Н.І. Степанченко, Л.П. Сущенко, Г.В. Терещук, Ю.Л. Хотунцев, І.Б. Червінська, Б.М. Шиян та ін.

Різні аспекти впровадження й використання технологій на основі STEM/STEAM-освіти в навчальних закладах розглянуто у роботах українських та зарубіжних учених, дослідників і практиків: Н.В. Морзе, Т.І. Анісімової, Н.Р. Балик, О.В. Барни, М.А. Бойко, О.І. Буковської, О.А. Бутурліної, С.М. Бревус, Н.В. Валько, Т.А. Вакалюк, Д.В. Васильєвої, В.Ю. Величко, С.А. Гальченко, Л.С. Глоби, С.М. Дзюби, О.Б. Комової, Т.Г. Крамаренко, О.В. Лісового, Л.Г. Ніколенка, Р.В. Норчевського, В.В. Осадчого, О.С. Пилипенко, Н.І. Поліхун, М.А. Попової, В.В. Приходнюк, М.Н. Рибалко, Ф.М. Сабірової, С.О. Семерікова, І.А. Сліпухіної, Є.М. Смірнкової-Трибульської, О.Є. Стрижака, І.С.

Чернецького, О.В. Шатунової, С. Баумера (*C. Baumer*), А.П. Карневала (*A.P. Carnevale*), Т. Корбета (*T. Corbett*), С.С. Думареска (*C.C. Dumaresq*), Х. Фірмана (*H. Firman*), Х. Джанга (*H. Jang*), І. Каніаваті (*I. Kaniawati*), П. Корбела (*P. Korbel*), М. Мелтона (*M. Melton*), Б.К. Седжаті (*B.K. Sejati*), Г. Сікманна (*G. Siekmann*), М. Сонга (*M. Song*) та ін.

Питанням впровадження робототехніки в освітній процес закладів освіти і підготовки майбутніх учителів, які можуть навчати освітньої робототехніки, приділяють увагу як українські, так і зарубіжні дослідники: Н.В. Морзе, О.С. Мартинюк, М.А. Бойко, Н.В. Бужинська, Н.В. Валько, Д.М. Гребнева, О.В. Задорожна, Ю.Г. Ковальов, В.А. Корабльов, Н.О. Кушнір, Т.Л. Мазурок, В.В. Осадчий, С.С. Пахачук, В.В. Черних, Д. Алімісіс (*D. Alimisis*), А. Бреденфелд (*A. Bredenfeld*), Е. Егучі (*A. Eguchi*), М. Ернст (*M. Ernst*), С. Іоніта (*S. Ionita*), Ю. Цзянмей (*Y. Jiangmei*), Й. Лапеш (*J. Lapeš*), Л. Негріні (*L. Negrini*), А. Ортіз (*A. Ortiz*), К. Папаніколау (*K. Papanikolaou*), Б. Сісман (*B. Sisman*), С. Сміт (*S. Smith*), Г. Штайнбауер (*G. Steinbauer*), Д. Тохачек (*D. Toháček*) та ін.

До передумов впровадження освітньої робототехніки в українських школах слід віднести:

- процеси цифрової трансформації в освіті;
- створення окремих складових освітньої екосистеми для навчання робототехніки на всеукраїнському, регіональному та локальному рівнях;
- оновлені типові освітні програми для молодшої (1-4 класи) і Державного стандарту для базової школи (5-9 класи);
- мотивацію закладів освіти до впровадження STEAM-освіти в навчальний процес, зокрема й освітньої робототехніки;
- забезпечення закладів середньої освіти відповідним матеріально-технічним обладнанням (робототехнічні конструктори, платформи, робототехнічні рішення для освітніх потреб тощо);
- проведення конкурсів з робототехніки й конструювання та сприяння участь у них учнівських команд (Всеукраїнська олімпіада з робототехніки

"ROBOTICA"; олімпіада з робототехніки "Asimov Olympics"; Всеукраїнський науково-технічний конкурс "Intel ЕКО Україна", секція "Робототехніка та інтелектуальні машини"; захист робіт членів Малої академії наук України, секція "Програмування і робототехніка" та ін.).

За таких умов вчителі повинні не тільки володіти системними знаннями й спеціальними компетентностями у галузі освітньої робототехніки, а й володіти відповідною методикою навчання. Таким чином, актуальність підготовки педагогічних кадрів до навчання освітньої робототехніки не викликає сумнівів.

Аналіз проблем підготовки вчителів до впровадження робототехніки в середню школу, аналіз освітніх програм підготовки майбутніх учителів інформатики, технологій і природничо-математичних дисциплін закладів вищої педагогічної освіти, попередні дослідження автора цієї роботи у даній галузі, а також власний досвід показують, що, за умов відсутності на сьогодні окремої освітньої галузі "Робототехніка", найбільш готовими до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти є майбутні вчителі інформатики.

В той же час, питання підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти є недостатньо дослідженим, що визначає актуальну соціально значущу проблему, на вирішення якої спрямоване дане дослідження. Таким чином, існують протиріччя між:

- швидким розвитком робототехніки як прикладної галузі та відставанням освітньої політики з питань підготовки відповідних фахівців;
- соціальною затребуваністю на підготовку вчителів STEM/STEAM і освітньої робототехніки, потребами до її навчання в українських закладах освіти як перспективного напрямку STEM/STEAM-освіти та відсутністю системного підходу до навчання освітньої робототехніки;

- навчанням освітньої робототехніки в умовах неформальної освіти та необхідністю визначення шляхів і напрямів її впровадження в освітній процес закладів освіти в умовах організації формальної освіти;
- необхідністю впровадження робототехніки у навчальний процес ЗВО як обов'язкової складової підготовки майбутніх учителів і відсутністю відповідної методик підготовки майбутніх учителів, які навчатимуть освітньої робототехніки.

Актуальність вище зазначеної проблеми, її недостатня розробленість у теорії і практиці навчання закладів вищої педагогічної освіти зумовили вибір теми наукового дослідження *"Теоретико-методичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти"*.

В науковій роботі розглянуто теоретичні та методичні питання розробки й впровадження окремих компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти. Результатом навчання, згідно із запропонованою системою, є сформовані компетентності у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Обраний напрям досліджень входить до плану науково-дослідної роботи факультету інформатики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова як складова теми "Інформаційні технології навчання природничих дисциплін" (номер державної реєстрації 0115U000559). Тему наукового дослідження затверджено на засіданні Вченої ради Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова, протокол №9 від 30 грудня 2015 року.

Об'єктом дослідження є процес навчання майбутніх учителів інформатики в закладах вищої педагогічної освіти.

Предметом дослідження є теоретико-методичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування, розробка, впровадження та експериментальна перевірка основних компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти.

Загальна гіпотеза дослідження: ефективність підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти підвищиться за умови цілеспрямованого використання розроблених окремих компонентів методичної системи.

Загальна гіпотеза дослідження доповнена **частковими гіпотезами:**

- ефективність впровадження розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки залежить від педагогічно виваженого добору її основних компонентів;
- навчання за розробленою методичною системою сприятиме формуванню у майбутніх учителів інформатики компетентностей у галузі освітньої робототехніки;
- навчання за розробленою методичною системою впливає на мотивацію до неперервного саморозвитку студентів у галузі робототехніки.

Для досягнення мети та перевірки гіпотези були визначені такі **завдання:**

1. Проаналізувати тенденції розвитку цифрових технологій і процеси цифрової трансформації освіти як підґрунтя для розвитку STEAM-освіти та освітньої робототехніки.
2. На основі аналізу психолого-педагогічних, наукових і науково-методичних джерел визначити стан дослідженості проблеми підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах вищої освіти.

3. Визначити теоретико-методичні основи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки, в тому числі уточнити понятійний апарат дослідження.
4. Науково обґрунтувати модель формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики.
5. Розробити окремі компоненти методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти.
6. Експериментальним шляхом перевірити ефективність розроблених компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки та підготувати методичні рекомендації до її впровадження в освітній процес підготовки студентів.

Для вирішення поставлених завдань застосовувались такі **методи дослідження**:

теоретичні методи були задіяні з метою визначення концептуальних засад дослідження, визначення змісту навчання студентів інформатичних спеціальностей педагогічного університету з освітньої робототехніки:

- аналіз українського і зарубіжного досвіду підготовки майбутніх учителів до навчання освітньої робототехніки;
- системний аналіз наукових, психолого-педагогічних, навчально-методичних джерел та інтернет-джерел з проблеми дослідження;
- аналіз освітніх і навчальних програм, навчальних посібників, методичних рекомендацій з проблеми дослідження, технічної документації, існуючих робототехнічних рішень для освіти;
- синтез, порівняння, моделювання, узагальнення;

емпіричні методи: опитування українських освітян та науковців з метою визначення стану навчання робототехніки в школах України, психолого-діагностичне анкетування, бесіди з викладачами, вчителями, керівниками гуртків освітньої робототехніки, студентами, учнями, батьками; спостереження

за навчальним процесом освітньої робототехніки у закладах середньої і позашкільної освіти, участь (як член журі) у II етапі Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів-членів Малої академії наук (секції відділення комп'ютерних наук, в тому числі секція "Програмування і робототехніка"), участь у тематичних заходах, присвячених робототехніці;

експериментальні методи: констатувальний, пошуковий, формувальний етапи педагогічного експерименту з метою апробації та експериментального впровадження в практику закладів вищої педагогічної освіти основних положень дослідження; опрацювання результатів педагогічного експерименту методами математичної статистики.

Методологічною основою дослідження є філософська теорія пізнання, філософські, педагогічні, психологічні теорії гуманістичного спрямування, на основі яких створювалася дослідницька база пошуку та розробки методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки; основні положення філософії, соціології, психології, педагогіки з питань наукової організації освітнього процесу в закладах вищої освіти з метою підвищення професійної підготовки майбутніх учителів; діяльнісна теорія навчання; компетентнісний підхід в освіті; основи моделювання складних педагогічних об'єктів і процесів.

Методологія експериментальної роботи ґрунтується на принципах єдності теорії й практики, дотримання об'єктивності щодо емпіричного вивчення предметів і явищ педагогічного процесу в закладі вищої освіти.

Теоретичною основою дослідження є нормативні документи в галузі освіти (Закони України "Про освіту", "Про вищу освіту", Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) на період до 2027 року, Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти "Нова українська школа" на період до 2029 року, Указ Президента України "Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року", Концептуальні засади розвитку педагогічної освіти в Україні та її

інтеграції в європейський освітній простір, Концепція розвитку педагогічної освіти, Національна стратегія розвитку освіти в Україні на період до 2021 року, Концепція "Нова українська школа", Концепція розвитку дистанційної освіти в Україні); наукові засади педагогічного процесу в закладах вищої освіти; результати досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених, практиків з питань організації освітнього процесу, зокрема освітньої робототехніки.

Організація дослідження. Дослідження проводилося протягом 2015-2020 рр. й складалось з трьох етапів.

На *першому етапі* (2015-2016 рр.) проводився констатувальний експеримент, вивчався український і зарубіжний досвід з проблеми дослідження; визначалися стан проблеми підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти; понятійний апарат дослідження; рівень обізнаності освітян з проблеми дослідження; обґрунтовувались вихідні положення дослідження: об'єкт, предмет, мета, завдання, формулювалася робоча гіпотеза, визначалися експериментальна база, етапи і структура дослідження.

Під час *другого етапу* (2016-2017 рр.) проводився пошуковий експеримент, продовжувалися теоретичні дослідження, розроблялися теоретичні основи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки, визначалися концептуальні засади розвитку методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки; здійснювався добір змісту і технологій навчання з освітньої робототехніки у вищому педагогічному закладі освіти, розробка методичної системи навчання; навчально-методичного забезпечення дисциплін з робототехніки та освітньої робототехніки, розробка моделі формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики.

На *третьому етапі* (2017-2020 рр.) проводився формувальний експеримент, впровадження і апробація результатів дослідження у ЗВО;

перевірка ефективності розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки; здійснювалися систематизація й узагальнення результатів педагогічного експерименту. На цьому етапі також здійснювалося коригування розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти.

Наукова новизна і теоретичне значення одержаних результатів полягають у тому, що:

вперше обґрунтовано теоретичні й методичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти;

вперше визначено структуру компетентностей вчителя у галузі освітньої робототехніки, яка складається з інтегральної STEAM-компетентності, дослідницької, інформаційно-комунікаційної, методичної компетентностей і гнучких навичок; модель формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики, складовими якої є методологічно-цільовий, змістово-методичний, процесуально-організаційний і діагностично-результативний блоки;

уточнено зміст понять "цифрова трансформація", "STEAM-компетентності", "освітня робототехніка", "компетентності у галузі освітньої робототехніки";

подальшого розвитку дістали процеси моделювання цифрової трансформації; підходи до побудови уніфікованої структури STEAM-компетентностей вчителя; методичні підходи щодо професійної підготовки майбутніх учителів інформатики.

Практичне значення дослідження полягає в розробці:

- компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти (визначено мету, зміст підготовки майбутніх учителів інформатики)

до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти, дібрано відповідні методи і технології навчання);

- освітньо-професійних програм: "Середня освіта (інформатика)" з додатковими спеціалізаціями (2017 рік – 2 програми для підготовки бакалаврів і магістрів; автором розроблено модулі з освітньої робототехніки у змісті інших навчальних дисциплін); "Середня освіта (інформатика) та робототехніка" (2018 рік – 2 програми для підготовки бакалаврів і магістрів; автором розроблено вибірккові блоки дисциплін з освітньої робототехніки), "Середня освіта (інформатика)" з вибіркковими блоками дисциплін (2019 рік – 2 програми для підготовки бакалаврів і магістрів; у цикл професійної підготовки бакалаврської програми додано профільну дисципліну "Основи робототехніки"; оновлено вибірккові блоки дисциплін з освітньої робототехніки);
- навчальних, робочих програм і змістового наповнення навчальних дисциплін для підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти ("Основи робототехніки", "Інтелектуальні робототехнічні системи", "Програмування робототехнічних систем", "Вступ до освітньої робототехніки", "Методика навчання освітньої робототехніки", "Робототехніка та 3D технології");
- методичних рекомендацій щодо впровадження в освітній процес розроблених компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти;
- навчальних електронних курсів для дистанційного навчання ("Основи робототехніки" (<https://moodle.fi.npu.edu.ua/course/view.php?id=515>), "Вступ до освітньої робототехніки" (<https://moodle.fi.npu.edu.ua/course/view.php?id=564>), "Методика навчання освітньої робототехніки" (<https://moodle.fi.npu.edu.ua/course/view.php?id=516>), "Робототехніка та 3D технології" (<https://moodle.fi.npu.edu.ua/course/view.php?id=672>)).

Особистий внесок автора полягає в розробці компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти, структури компетентностей вчителя у галузі освітньої робототехніки, моделі формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики.

Наукові положення, розробки, висновки й рекомендації, які винесено на захист, одержано здобувачем самостійно та розкрито в наукових працях. Внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві, конкретизовано в списку публікацій.

Матеріали і результати кандидатської дисертації на тему "Методика навчання інформаційних систем і технологій майбутніх учителів економіки" (за спеціальністю 13.00.02 – теорія та методика навчання (інформатика)), захищеної у 2010 році в Національному педагогічному університеті імені М.П. Драгоманова, у тексті докторської дисертації не використано.

Обґрунтованість і вірогідність результатів дослідження забезпечується його науковими і методологічними основами; використанням методів дослідження, відповідних меті, гіпотезі і завданням; системним аналізом теоретичного та емпіричного матеріалу; результатами проведеного педагогічного експерименту, опрацьованими за допомогою статистичних методів.

Апробація і впровадження результатів наукового дослідження здійснювались у процесі:

- підготовки майбутніх учителів інформатики під час навчання дисциплін "Основи робототехніки", "Робототехніка та 3D технології", а також за дисциплінами вибіркового блоку "Освітня робототехніка" на факультеті інформатики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова;
- навчання за окремими модулями дисциплін з освітньої робототехніки ("Основи робототехніки", "Програмування робототехнічних систем",

"Інтелектуальні робототехнічні системи", "Вступ до освітньої робототехніки", "Робототехніка та 3D технології", "Методика навчання освітньої робототехніки" та ін.) студентів Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини, Державного вищого навчального закладу "Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди", Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, Черкаського державного технологічного університету, Криворізького державного педагогічного університету;

- обговорення результатів дослідження на Всеукраїнському науково-методичному семінарі факультету інформатики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова, засіданнях кафедри інформаційних технологій і програмування;
- публікації результатів дослідження у збірниках науково-методичних праць, в тому числі наукометричних.

Основні результати наукового дослідження впроваджено в освітній процес закладів вищої освіти: Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини (довідка №837/01 від 25.11.2020), Державний вищий навчальний заклад "Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди" (довідка №254 від 10.11.2020), Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника (довідка №01-23/244 від 26.11.2020), Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького (довідка №243/04 від 28.10.2020), Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка (довідка №02/184 від 20.10.2020), Черкаський державний технологічний університет (довідка №94/01 від 03.11.2020), Криворізький державний педагогічний університет

(довідка №09/1-437/3 від 28.10.2020), Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова (довідка №113 від 05.11.2020).

Основні теоретичні, методологічні та практичні результати проведеного дослідження, а також концептуальні положення й загальні висновки було подано у вигляді доповідей на конференціях різного рівня, форумах, семінарах:

міжнародних: "Theoretical and practical Aspects of Distance Learning" (2013, 2016, 2018, 2019, 2020 рр., м. Цешин, Польща); "Комп'ютерно орієнтовані системи навчання природничо-математичних дисциплін" (2014 р., м. Київ); "Розбудова економічної освіти та формування основ фінансової грамотності учнівської молоді - основа розвитку громадянського суспільства та становлення економіки знань" (2017 р., м. Київ); "Information Systems Development: Advances in Methods, Tools and Management (ISD2017 Proceedings)" (2017 р., м. Ларнака, Кіпр); "Digital Education in Environmental Universities" (2017 р., м. Київ); "Нові педагогічні підходи в STEAM освіті" (2019 р., м. Київ); "International Staff Week Erasmus+" (2019 р., м. Нікосія, Кіпр); "Освіта і робототехніка" (2019 р., м. Київ); "Information Technology and Interactions (satellite) – 2020 (IT&I-2020 (satellite))" (2020 р., м. Київ); "Cloud Technologies in Education (СТЕ 2020)" (2020 р., м. Кривий Ріг); "Європейський тиждень робототехніки" (2020 р., м. Київ); "Світові освітні тренди: створення творчого середовища STEAM-навчання" (2021 р., м. Київ);

всеукраїнських: "MoodleMoot Ukraine 2013. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle" (2013 р., м. Київ); "Теорія і практика використання інформаційних технологій в навчальному процесі" (2017 р., м. Київ); "Проблеми інформатизації навчального процесу в школі та вищому педагогічному навчальному закладі" (2017 р., м. Київ); "Проблеми інформатизації навчального процесу в закладах загальної середньої та вищої освіти" (2018 р., м. Київ); "Цифрова компетентність сучасного вчителя нової української школи: 2020 (Моделювання цифрового навчального середовища закладу загальної середньої освіти)" (2020 р., м. Київ).

університетських: "Crossing borders in education" (2015 р., м. Гронінген, Нідерланди); "Prediction in education" (2015 р., м. Гронінген, Нідерланди); "CIT course "Mail encryption and Unishare" (2015 р., м. Гронінген, Нідерланди); "3D printers in research and education" (2015 р., м. Гронінген, Нідерланди); "Єдність навчання і наукових досліджень – головний принцип університету" (2017, 2018 рр., м. Київ); "Сучасні виклики якості освіти: європейський вимір" (2018 р., м. Київ); "Досвід міжнародного стажування в Open University of Cyprus" (2019 р., м. Київ).

Публікації. Основні положення і результати наукової роботи відображено в 50 наукових працях (з них 26 – одноосібні), зокрема: 22 статті у наукових фахових виданнях України, 3 статті у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз Scopus і Web of Science (з них у 1 – у Scopus, 2 – у Web of Science), 3 статті у зарубіжних періодичних виданнях і виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз, відмінних від Scopus, Web of Science, 1 монографія, 4 розділи у колективних наукових монографіях (у зарубіжних виданнях), 2 освітні програми (у співавторстві), 3 програми навчальних дисциплін, 3 статті апробаційного характеру та 9 матеріалів наукових конференцій.

Структура і обсяг роботи. Робота складається з переліку скорочень, передмови, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (520 найменувань), містить 20 таблиць, 90 рисунків і 6 додатків. Загальний обсяг роботи становить 505 сторінок, основний текст викладено на 410 сторінках.

Розділ 1. Теоретичні основи цифрової трансформації освіти на сучасному етапі розвитку суспільства

1.1. Тенденції розвитку цифрових технологій на сучасному етапі становлення цифрового суспільства

Основою розвитку сучасного суспільства є інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ). Їх широке впровадження в усі сфери людської діяльності дало поштовх для розвитку нових технологій, так званих *цифрових технологій*, в найрізноманітніших напрямках: штучний інтелект, робототехніка, технології інтернету речей, технологія блокчейну, 3D технології та багато інших. У зв'язку з цим останнім часом поряд з терміном "*інформаційно-комунікаційні технології*" використовується термін "*цифрові технології*".

Поняття "*цифрові технології*" виникло недавно. Цей термін є порівняно новим й часто застосовується для опису понять, пов'язаних з інформаційно-комунікаційними технологіями.

В той же час, багато дослідників розрізняють поняття "*інформаційно-комунікаційні технології*" та "*цифрові технології*". Коротко охарактеризуємо основні підходи до визначення даних понять.

Як відомо, *технологія* – це сукупність виробничих методів (способів) і процесів виготовлення, видобутку, обробки або переробки та інших процесів, робіт і операцій, у певній галузі виробництва, що змінюють стан сировини, матеріалів, напівфабрикатів чи виробів у процесі отримання продукції із заданими показниками якості [57; 143; 219, с. 797].

Грунтовний аналіз підходів до визначення поняття "*інформаційно-комунікаційні технології*" проведено у [234]. Розглянемо деякі з них.

У Кембриджському словнику ІКТ визначено як "*використання комп'ютерів та іншого електронного обладнання для зберігання та пересилання даних*" [279, с. 712].

Деякі дослідники ототожнюють поняття "інформаційно-комунікаційні технології" та "інформаційні технології" [40; 403]. Інші дослідники визначають "інформаційні технології" як "сукупність методів і технічних засобів збирання, організації, зберігання, опрацювання, передавання та подання даних, які розширюють знання людей і розвивають їхні можливості з управління технічними та соціальними процесами", а під "інформаційно-комунікаційними технологіями" розуміють сукупність різних технологічних інструментів і ресурсів (до яких відносять комп'ютери, засоби інтернету, засоби і пристрої радіо- і телепередачі, телефонний зв'язок), що використовуються для забезпечення процесу комунікації, а також створення, поширення, зберігання і управління даними" [227].

Найбільш узагальненим, на нашу думку, є визначення *інформаційно-комунікаційних технологій* за М.І. Жалдаком: сукупність методів, засобів, прийомів, що використовуються для збирання, систематизації, зберігання, опрацювання, передавання, подання всеможливих повідомлень і даних, що розширює знання людей та розвиває їхні можливості щодо управління технічними та соціальними процесами [66, с. 3].

Останнім часом ряд дослідників (В.Ю. Вдовиченко [31], В.В. Глазова [37], І.В. Дульська [58], Н.В. Кайдан [58], С.О. Карплюк [76], М.Б. Кулинич [101], Л.С. Любохинець [109], В.І. Скіцько [180], Є.М. Шпуляр [109] та ін.) у своїх роботах поряд (а іноді й замість) з терміном "інформаційно-комунікаційні технології" використовують термін "цифрові технології". Відмінність між цими поняттями можна пояснити, проаналізувавши підходи до визначення останнього поняття.

У дослідженні [218, с. 28] *цифрові технології* визначено як "процеси створення, зберігання, опрацювання, поширення та обмін даними й технологіями, а також програмне забезпечення, включаючи системи штучного інтелекту". Тобто це визначення є дещо ширшим, ніж означення ІКТ, оскільки тут мова йде про системи штучного інтелекту.

У роботі [234, с. 42] до *цифрових технологій* автори відносять телекомунікаційні засоби інтернету, технології інтернету речей, аналітику великих даних, безпроводні мережі, мобільні пристрої та соціальні мережі. Вони зазначають, що "цифрові технології ... змінюють діяльність людей і підприємств, а також уявлення про традиційні речі".

Цифрові технології – це засоби, пристрої, системи та ресурси, за допомогою яких можна створювати дані в цифровому форматі, зберігати, опрацьовувати та поширювати їх. Прикладами цифрових технологій є: соціальні медіа, онлайн-ігри, мультимедіа та мобільні телефони [318].

В Європейських рамках цифрових компетентностей (для громадян, для освітян) *цифрові технології* визначаються як продукти чи послуги, які використовуються для зв'язку, пошуку, передавання, трансляції, збирання, систематизації, створення, зберігання, перегляду, розповсюдження, модифікації, отримання, адміністрування, захисту цифрового контенту та даних в цифровому форматі [431, с. 90; 478; 508, с. 10].

Відповідно до даного означення прикладами цифрових технологій є як апаратні, так і програмні засоби: персональний комп'ютер, ноутбук, нетбук, планшетний комп'ютер, смартфон, ігрова консоль, медіаплеєри, зчитувачі електронних книг, цифрове телебачення, роботи, операційні системи, сенсорні дошки, системи управління навчанням, програмне забезпечення для програмування, системи опрацювання тексту та зображень, хмарні сервіси, послуги безпечної ідентифікації, послуги для потокового передавання аудіо та відеовмісту (контенту) тощо.

Давоський економічний форум (Швейцарія) в аналітичних матеріалах визначив перелік цифрових технологій, до яких належать хмарні та мобільні технології, блокчейн, масиви великих даних, технології віртуалізації, штучний інтелект, робототехніка, квантові технології, біометричні технології, технології доповненої реальності, адитивні технології (3D друкування) та ін. [223].

У звіті консалтингової компанії *Accenture* (2017 р.) виокремлено п'ять нових цифрових технологій, які можуть трансформувати розвиток глобальної економіки [345, с. 4]:

1. **Технології інтернету речей** (від англ. *Internet of Things (IoT)*) – мережа фізичних об'єктів, систем, платформ та програм, що містять вбудовані датчики для обміну даними в режимі реального часу).
2. **Штучний інтелект** (від англ. *Artificial Intelligence – AI*) – комплекс інтелектуальних систем та програм, які реалізують функції, що імітують інтелектуальну діяльність людини [185, с. 124]).
3. **Блокчейн** (від англ. *Blockchain*) – це структурована розподілена база даних, в яку дані вносяться в певній строгій послідовності. Кожен блок містить в собі набір записів (дані), в результаті чого створюється своєрідний "реєстр даних". Змістовно блок може містити будь-які дані: про дії, людей, об'єкти, трансакції, серійні номери тощо. Дана технологія заснована на сучасних криптографічних алгоритмах [50; 345]).
4. **Масиви великих даних** (від англ. *Big Data*) – об'єднання джерел даних в єдину систему для економічно ефективного збирання, аналізу та обміну ними.
5. **Автоматизовані процеси з використанням робототехнічних систем** (від англ. *Robotic process automation (RPA)*).

Таким чином, суттєвою відмінністю між цифровими технологіями та ІКТ є те, що, по-перше, іншими є самі цифрові технології, по-друге, їх призначення і принципи використання, по-третє, зміна способу мислення людей, які працюють з цифровими технологіями.

На теперішній час ще не існує загальноприйнятого визначення поняття "цифрові технології". На сучасному етапі розвитку суспільства це поняття лише формується. Деякі науковці й практики вважають, що поняття "цифрові технології" є ширшим і може поступово включити в себе поняття "інформаційно-комунікаційні технології" (В.Ю. Вдовиченко [31],

С.О. Карплюк [76], В.І. Скіцько [180]), деякі вважають ці поняття тотожними (В.В. Глазова [37], І.В. Дульська [58], Н.В. Кайдан [37], Л.С. Любохинець [109], Є.М. Шпуляр [109]), інші вважають, що це – різні поняття (М.Б. Кулинич [101]).

Цікавою є робота австралійських дослідників, які показують відмінність між інформаційно-комунікаційними та цифровими технологіями [359]. На їх думку, використання цифрових технологій формує розуміння того, як створюються сучасні технології, сприяє розвитку компетентностей у галузі програмування, що лежить в основі умінь створювати технології; тоді як ІКТ – це застосування існуючих технологій [512], (додаток А).

У таблиці 1.1 показано приклади використання ІКТ та цифрових технологій та відмінність між ними:

Таблиця 1.1

Приклади використання ІКТ та цифрових технологій

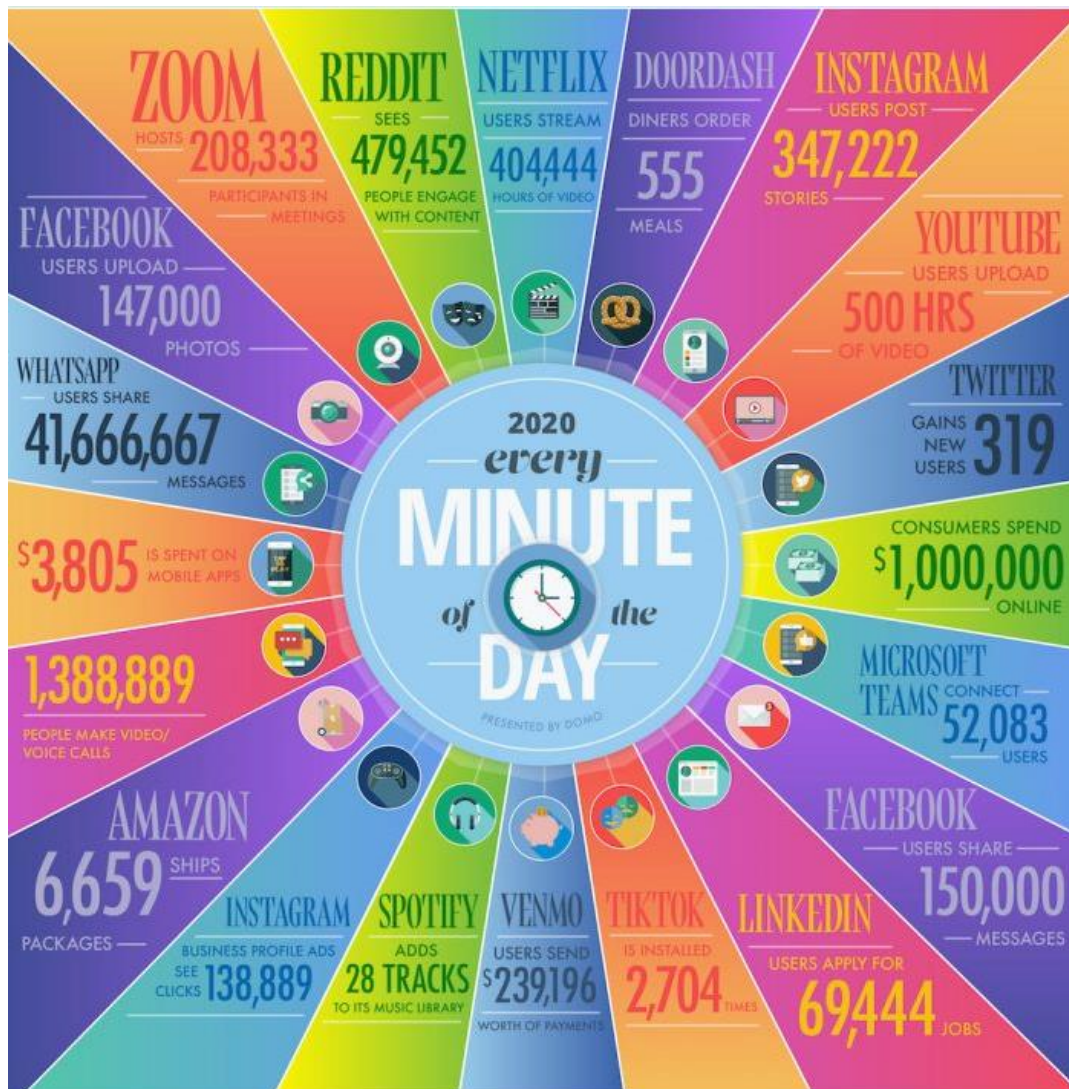
Приклади використання ІКТ	Приклади використання цифрових технологій
Використання засобів для створення ментальних карт для дослідження	Створення цифрових зображень, їх кодування
Використання засобів для створення презентацій для представлення результатів власних досліджень	Порівняння транспортної мережі та комп'ютерної мережі для дослідження шляхів руху, засобів захисту тощо
Використання відео для аналізу спортивних результатів	Створення інтерактивних додатків з використанням засобів програмування
Використання комп'ютерних симуляцій, гри для перевірки гіпотез, збирання даних	Створення власних симуляцій з використанням засобів програмування
Використання онлайн ігор з картами для вивчення напрямів руху	Розробка власного лабіринту і використання їх для програмування руху робота через лабіринт

(Ресурс: власна розробка на основі джерела [512])

Безсумнівним є те, що використання цифрових технологій змінює спосіб життя людей. Так, наприклад, у звіті Світового економічного форуму "Глибокий зсув. Критичні точки технологій та соціальні наслідки" зазначено, що у світі спостерігається експоненціальна швидкість змін розвитку

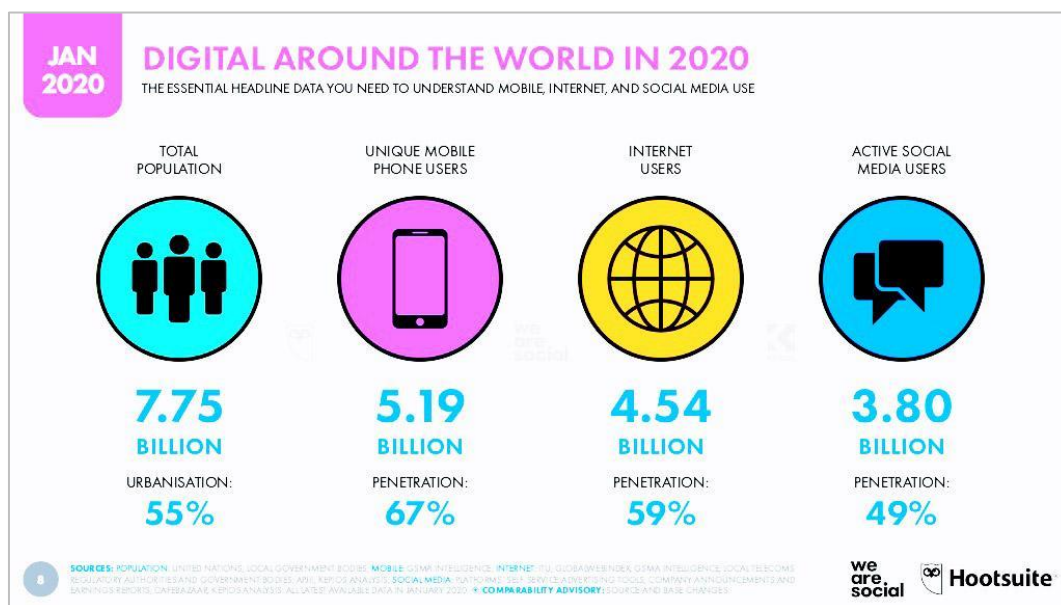
суспільства внаслідок зростання обсягу розробки та використання програмного забезпечення і цифрових послуг [304, с. 4]. Крім того, за даними німецького інтернет-порталу статистики *Statista* за 2019 р. [311, с. 6] кількість створених даних кожен рік зростає експоненційно (щороку – зетабайт або мільярд терабайт), що потребує нових рішень для зберігання даних.

Прикладом того, наскільки цифрові технології увійшли в повсякденне життя кожної людини може слугувати інфографіка (рис. 1.1), розроблена за даними інтернет-порталів *Statista*, *Visual Capitalist*, *Business Insider*, *Gamespot*, *Techcrunch*, *Omnocode Agency*, *Doordash*, *Business of Apps*, *New York Times*, *Music Business Worldwide, INC.*, *Hootsuite*, *Dustin Stout*, *Reddit*, *Uber*, *Amazon*, *Wox* [303], на якій показано події, які відбувалися за одну хвилину щоденної діяльності людей з використанням цифрових технологій у 2020 році:



*Рис. 1.1. Результати щоденної діяльності людей з використанням цифрових технологій за одну хвилину в 2020 році
(Ресурс: за даними інтернет-порталів [303])*

Підтвердженням того, що цифрові технології стали невід’ємною складовою життя людей є також статистичні дані порталу *Datareportal* (за підтримки агентства *We Are Social* і платформи управління соціальними медіа *HootSuite*). На початок 2020 року визначено, що понад 4,5 мільярди людей є користувачами інтернету, тобто майже 60% світового населення вже можуть знаходитися онлайн, при цьому активними користувачами соціальних мереж вже є 3,8 мільярда [213; 307]. Зазначено, що мобільні пристрої використовують 5,19 мільярда людей у світі (рис. 1.2).



*Рис. 1.2. Статистичні дані використання цифрових технологій у світі
(Ресурс: за даними з джерела [307], URL: <https://datareportal.com/reports/digital-2020-global-digital-overview>, (дата звернення 18.04.2020))*

Динаміку змін (зростання) використання цифрових технологій у світі подано на рис. 1.3:

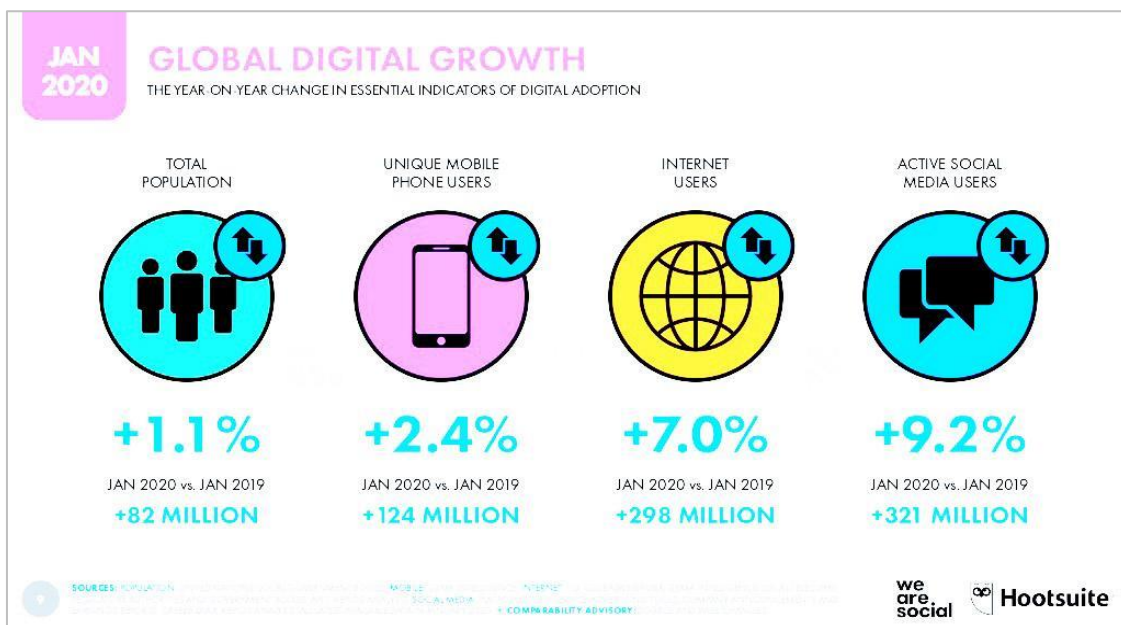


Рис. 1.3. Динаміка зростання використання цифрових технологій у світі
(Ресурс: за даними з джерела [307], URL: <https://datareportal.com/reports/digital-2020-global-digital-overview> (дата звернення 18.04.2020))

Використання цифрових технологій трансформує бізнес-моделей, в результаті чого постійно з'являються нові товари та послуги; змінюється формат робіт (аутсорсинг, онлайн-платформи, удосконалена автоматизація, роботизація тощо). Робота в режимі реального часу із застосуванням цифрових даних кардинально змінює способи управління, виробництва, реалізації та використання продукції [234, с. 42].

Впровадження сучасних цифрових технологій – мобільного інтернету, інтернету речей, масивів великих даних, блокчейн тощо – у діяльність підприємств і організацій, техніку та технологію, виробничі й невиробничі процеси дає змогу розширювати асортимент товарів і послуг, підвищувати їхню якість і відповідність запитам споживачів, збільшувати продуктивність праці та формувати нові ланцюги і мережі створення доданої вартості. Валова додана вартість, сформована в усіх секторах глобальної економіки за допомогою цифрових технологій, уже складає понад 1/5 світового валового внутрішнього продукту [380].

На основі цього можна зробити висновки, що цифрові технології, послуги та системи є надзвичайно важливими для соціального розвитку. Їх використання може забезпечити зростання і створення нових робочих місць в усіх галузях економіки, починаючи з найменших традиційних підприємств і закінчуючи новітніми високотехнологічними виробництвами.

1.2. Цифрова трансформація різних галузей суспільної діяльності як ключовий напрям розвитку сучасного суспільства

1.2.1. Аналіз концепції "цифрової трансформації"

Швидкі темпи розвитку ІКТ та цифрових технологій і, як наслідок, інформатизації багатьох галузей діяльності суспільства призвели до виникнення в зарубіжній літературі понять "*digitization*" (оцифровування), "*digitalization*" (цифровізація), "*digital transformation*" (цифрова трансформація), що, в свою чергу, в подальшому призвело до появи на початку 21 століття так званої концепції *цифрової трансформації*.

До етапів *цифрової трансформації* належать (рис. 1.4):

1. Оцифровування (*digitization*).
2. Цифровізація (*digitalization*).
3. Цифрова трансформація (*digital transformation*).



Рис. 1.4. Етапи цифрової трансформації

(Ресурс: власна розробка на основі джерел [376; 503])

Детальніше охарактеризуємо кожне із зазначених понять.

Одними з перших згадування термінів "digitization" (оцифрування, оцифровування) та "digitalization" (цифровізація) простежуються в Оксфордському словнику англійської мови (Oxford English Dictionary) в середині 1950-х років. Ці терміни використовувались разом із поняттями про комп'ютери [255].

В Оксфордському словнику англійської мови під *оцифровуванням* (*digitization*) розуміється "дія чи процес оцифрування; перетворення аналогових даних у цифровий формат (особливо в подальшому використанні зображень, відео та тексту)". Цей процес стосується внутрішньої оптимізації процесів (наприклад, автоматизація роботи, мінімізація витрат паперу) і призводить до зниження витрат в цілому. *Цифровізація* (*digitalization*) на противагу означає "впровадження або збільшення використання цифрових чи комп'ютерних технологій в організації, промисловості, країні тощо" [277].

Відповідно до концепції (рис. 1.4) першим етапом цифрової трансформації є етап оцифрування. Узагальнюючи дослідження різних авторів з даного питання, визначимо поняття "оцифрування", як:

Оцифрування, оцифрування (*digitization, digitizing*) – технічний процес перетворення потоків аналогових даних у цифровий формат (в біти). Цього ж тлумачення даного поняття дотримуються також й науковці з різних галузей [234; 270; 277; 278; 331; 340; 393; 417; 424; 437; 446; 502; 504].

Завдяки оцифруванню дані стають легко доступними для використання на різних платформах, пристроях, інтерфейсах.

Відповідно до рис. 1.4 наступним етапом концепції цифрової трансформації є цифровізація.

Перше використання терміну "*цифровізація*" в сучасному розумінні з'явилося в есе Роберта Уошала, опублікованому в 1971 року в "North American Review". Це поняття застосовувалося у поєднанні з терміном "комп'ютеризація". У дослідженні автор обговорює соціальні наслідки цифровізації суспільства [277].

Питанню визначення поняття "цифровізація" приділяють увагу як українські [51; 218; 234], так і зарубіжні дослідники [273; 277; 278; 283; 381; 446; 502; 504]. На основі аналізу та узагальнення їх досвіду й досліджень під **цифровізацією** (*digitalization*) будемо розуміти процес перетворення та/або удосконалення діяльності підприємств, бізнес-моделей, ділових функцій, комунікацій, застосування онлайн-платформ, підготовки та перепідготовки персоналу для роботи у нових умовах тощо на основі широкого використання цифрових технологій та оцифрованих даних.

Важливість цифровізації для підприємств також полягає у збільшенні продуктивності та зниженні витрат. Найчастіше дане поняття використовують для бізнес-процесів, але на теперішній час цифровізація змінює також і взаємовідносини [234, с. 36]. Наприклад, оцифровані записи можна надсилати працівникам електронною поштою, покращуючи процеси комунікації в організації. Іншим прикладом цифровізації може слугувати традиційна роздрібна торгівля, власник якої впроваджує в діяльність свого бізнесу технології електронної комерції.

Прикладом цифровізації процесів виробництва є використання датчиків та інших цифрових пристроїв для під'єднання обладнання та механізмів до середовища, побудованого на основі технологій інтернету речей, з метою збирання даних, їх опрацювання і передавання для прийняття рішень, а також для дистанційного управління різноманітними функціями [234, с. 36]. Наприклад, у сучасних автомобілях встановлюють датчики, за допомогою яких передаються дані про функціонування автомобіля, його використання, механічний стан тощо.

Цифровізація є попереднім етапом перед цифровою трансформацією. Як правило, вона має три фази [446, с. 38]:

- початкова фаза, коли автоматизовані окремі операції або процеси;
- середня фаза, коли пов'язані процеси автоматизовані та об'єднані;

- кінцева фаза, в якій багато систем для підтримки бізнес-процесів та інформаційні потоки інтегровані в єдину систему управління (наприклад, підприємством).

Етап цифрової трансформації є глибоким перетворенням бізнес-процесів, пов'язаних з використанням цифрових технологій на всіх етапах побудови та функціонування компаній, виробництва та їхнього впливу на діяльність підприємств, їхніх клієнтів і стан ринків.

Питання визначення поняття "*цифрова трансформація*" наразі є досить актуальним у зарубіжній та вітчизняній науковій літературі. Науковцями у роботах [233; 234; 277; 278; 283; 286; 294; 306; 323; 346; 380; 417; 446; 505; 507] запропоновані різні підходи до визначення цього поняття, які, на думку автора, суттєво не суперечать один одному.

На основі аналізу та узагальнення зазначених тлумачень даного поняття визначимо поняття *цифрової трансформації* як фундаментальні зміни в організаційній структурі компаній, виробництва, екосистеми, певної галузі в цілому шляхом оптимальної інтеграції традиційних процесів з цифровими технологіями з їх поетапним впровадженням на всіх рівнях функціонування діяльності організації. Крім того, це також зміни в способі мислення та вимогах до компетентностей працівників відповідної галузі.

Останній етап є завершальним в концепції цифрової трансформації, завдяки впровадженню якої сучасні цифрові бізнес-моделі та процеси реструктуризують економіку. Суспільство також розвивається та змінюється, коли люди інтегрують цифрові технології у своє життя та повсякденні звички [376].

Відомим прикладом цифрової трансформації є зміна бізнес-моделі роздрібних продавців, які почали використовувати вебсайти та мобільні додатки для онлайн-продажів, охоплюючи все більше клієнтів за допомогою різних каналів зв'язку. Додатково для покращення обслуговування та збільшення обсягу продажів збираються і аналізуються дані про клієнта

(наприклад, через соціальні мережі) та історія його покупок. Таким чином з появою цифрових технологій стало можливим охопити широке коло економічних, соціальних, культурних та інших аспектів життєдіяльності [234, с. 38].

Цифрова трансформація містить ряд ключових аспектів, які є суттєво іншими на відміну від автоматизації та інформатизації, а саме [233]:

1. **Зовнішня комунікація.** Для налагодження процесів ефективної комунікації при веденні бізнесу необхідне переосмислення моделі вибудовування відносин з клієнтами і партнерами. Модель, коли компанії створюють власний, зручний для них, продукт, а потім намагаються переконати клієнта, що саме цей продукт йому потрібно придбати – стає неефективною. В нових умовах необхідно розробляти продукт під конкретного клієнта, його потреби і ситуацію. Для цього необхідні нові підходи до процесів комунікації.

2. **Бізнес-модель.** Багато великих компаній, які успішно працювали десятиліттями за стабільними бізнес-моделями, в умовах цифрової трансформації потерпіли крах. Діяльність за сучасними бізнес-моделями повинна бути налаштована як "під клієнта", так і "під обставини і ситуації".

До таких нових підходів до організації бізнес-процесів належить одна з найпопулярніших та найпоширеніших концепцій на сьогодні – так звана **економіка спільного використання** – *collaborative consumption* або *sharing economy* (від англ. *to share* – ділитися). Це економічна бізнес-модель, головною ідеєю якої є те, що люди за допомогою технологій можуть обмінюватися речами, якими вони в цей час не користуються або використовують їх спільно з іншими.

Яскравими прикладами систем спільного використання товарів та послуг є французький інтернет-сервіс для пошуку попутників *BlaBlaCar* та американський інтернет-сервіс для пошуку житла *Airbnb*.

Головною ідеєю сервісу *BlaBlaCar* (<https://www.blablacar.com>) є спільне використання машини водія, який знаходить людей для поїздки за одним

маршрутом або/та навпаки, пасажир шукає машину за потрібним йому напрямом. Пасажири оплачують за бензин. В підсумку кожен економить: водій – на бензині, пасажир – на вартості квитків в громадському транспорті.

Ідеєю функціонування сервісу *Airbnb* (<https://www.airbnb.com>) є спільне використання житла, яке можна орендувати у місцевих жителів при подорожуванні на відносно короткий термін. Вартість такого житла (кімнати, спального місця) є набагато нижчою порівняно з вартістю номеру в готелі. В підсумку кожен економить: хазяїн житла – на комунальних платежах за оренду квартири (або він також може отримувати додатковий дохід), орендатори – на вартості житла при подорожуванні.

Прикладом застосування принципів економіки спільного використання в соціальній сфері та галузі здоров'я є британський сервіс *Good Gym*. Власники цієї онлайн-платформи пропонують замість тренування в спортзалі активно переміщатися містом і розносити речі, продукти й товари першої необхідності літнім людям або людям з особливими потребами (<https://www.goodgym.org>).

3. Проектне управління процесами. Наразі в традиційних бізнесах до управління процесами застосовується проектний підхід. Однак, дослідження показують, що в Україні комерційно успішними стають менш, ніж 1% проектів. Тому необхідна зміна традиційних підходів ведення бізнесу на інноваційні.

До нових підходів до управління виробництвом належить так зване "бережливе виробництво" (від англ. *lean production* – "струнке виробництво"). Це спосіб управління, при якому компанія постійно прагне до мінімізації втрат. Для цього до оптимізації бізнесу залучається кожний співробітник з максимальною орієнтованістю на споживача. Подібний підхід до управління виник на підставі досвіду компанії *Toyota*.

4. Робота з даними. Традиційно робота з даними вибудовувалася так: накопичувався масив даних за минулі періоди, які потім аналізувалися. На основі аналізу будувалися звіти, на основі яких приймалися управлінські рішення. Таким чином фактично відбувалась екстраполяція: на підставі

минулих періодів фахівці прогнозували подальший розвиток. В умовах цифрової трансформації важливо використовувати сучасні підходи до аналізу даних, до яких належать аналітика великих даних (*Big Data Analytics*) та технології штучного інтелекту (*Deep Machine Learning*). Їх використання дозволяє приймати рішення в ситуації з неповними та несиметричними даними.

5. Внутрішні комунікації та взаємовідносини. В умовах цифрової трансформації потрібно по-іншому вибудовувати роботу з персоналом. З'являються нові формати віддаленої роботи, такі як *аутсорсинг* (від англ. *outsourcing*; укр. *підрядництво* – передавання компаніїю частини завдань стороннім виконавцям) і *фриланс* (виконання певних робіт фахівцями – *фрилансерами* (від англ. *freelancer*), які є фактично позаштатними працівниками компанії. Фрилансери самостійно шукають проекти, можуть одночасно працювати над замовленнями декількох організацій та виконують роботу без укладання довгострокового договору з роботодавцем).

Таким чином, цифрова трансформація відрізняється від автоматизації та інформатизації тим, що вона вимагає системних змін бізнес-процесів, бізнес-моделей і економічних відносин, як всередині підприємства, певної організації, галузі, так і зовні. Це – системна перебудова бізнесу, економіки, суспільства та інститутів в цілому; це – зміни на системному рівні, які в значній мірі змінюють все.

Узагальнюючи вищенаведені міркування, доповнимо схему, подану на рис. 1.4, так, як показано на рис. 1.5:

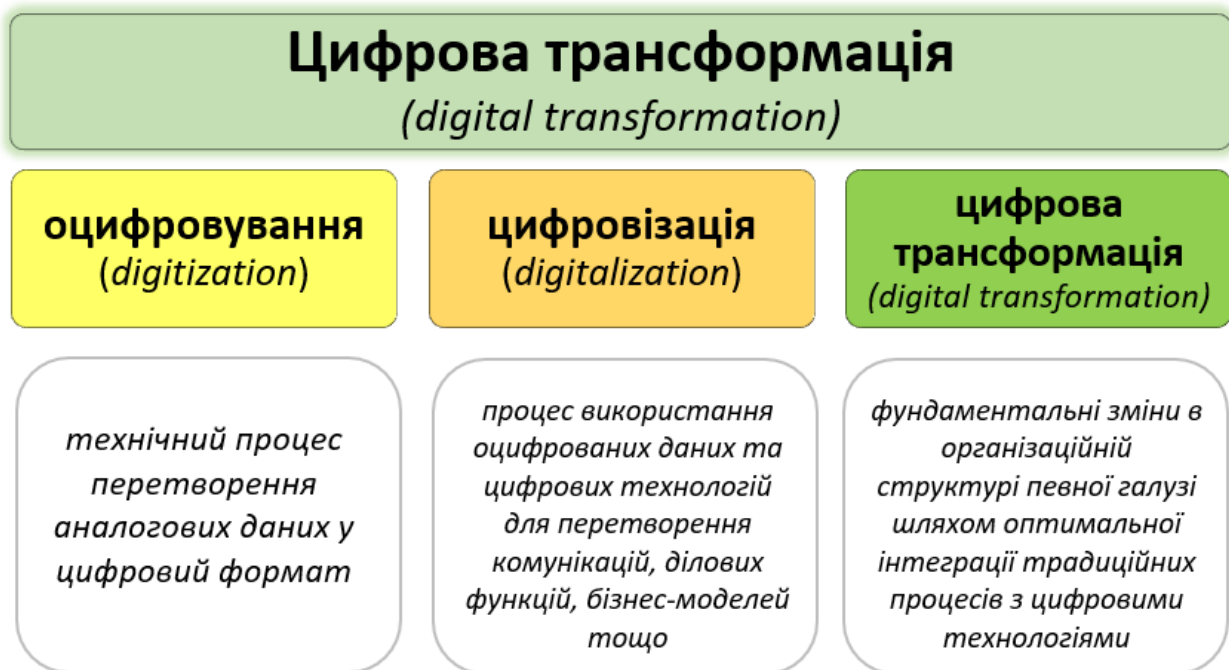


Рис. 1.5. Складові концепції цифрової трансформації

(Ресурс: власна розробка)

Дослідження Центру майбутніх професій (Cognizant Center for the Future of Work, США) [269] показали, що бурхливий розвиток цифрових технологій вже вплинув на традиційні бізнес-процеси, ІТ-інфраструктуру та суспільне життя (рис. 1.6):



Рис. 1.6. Вплив технологій на економіку, виробництво, сучасне суспільство

(Ресурс: URL: https://www.cognizant.com/content/dam/Cognizant_Dotcom/images/get-ready-for-the-next-40-months-of-hyper-digital-transformation-figure-2.jpg, (дата звернення 19.04.2020))

Як видно з рис. 1.6, до таких технологій належать:

- кібербезпека (59%);
- масиви великих даних та бізнес-аналітика (54%);
- мобільні технології (40%);
- хмарні технології (32%);
- соціальні медіа (31% – соціальні мережі, месенджери, блоги, Youtube);
- технології для співробітництва (26%);
- технології інтернету речей (26% – інфраструктура пов'язаних між собою пристроїв та способів передавання даних різними каналами зв'язку, як правило, безпроводними) та сенсорні датчики;
- біотехнології (25%).

На 2020 році на виробництво та суспільне життя в цілому впливають такі технології (рис. 1.7) [269]:

 49% Телеприсутність (Skype, Google Hangouts, etc.)	 35% Нанотехнології
 49% Цифрова валюта	 33% Роботи (hardware)
 46% Штучний інтелект	 29% Телематика
 41% Роботизація (software)	 28% Речі з вбудован. технол.
 39% Платформи для спільн. використ. Uber	

Рис. 1.7. Вплив технологій, що є основою для цифрової трансформації економіки, виробництва, суспільного життя

(Ресурс: URL: https://www.cognizant.com/content/dam/Cognizant_Dotcom/images/get-ready-for-the-next-40-months-of-hyper-digital-transformation-Figure-3.jpg, (дата звернення 19.04.2020))

На рис. 1.7 показано, що основою для цифрової трансформації економіки, виробництва, суспільного життя є такі технології, як:

- "телеприсутність" (49% – від англ. *telepresence* – участь в онлайн подіях, таких як наради, заняття, конференції, спілкування тощо);
- електронні гроші (49% – цифрова валюта, криптовалюта);
- штучний інтелект (46%);
- автоматизовані процеси з використанням робототехнічних систем (41% – на основі застосування технологій програмування);
- платформи на основі економіки спільного використання ресурсів (39%);
- нанотехнології (35%);
- робототехніка та роботи (33%);
- телематика (29% – від англ. *telematics* – галузь інформаційних технологій, що займається передаванням даних на значні відстані);
- речі, які можна носити, з вбудованими технологіями (28% – від англ. *wearables* – наприклад, смарт-годинники, фітнес-браслети).

Цифрові технології, наведені на рис. 1.6 та рис. 1.7, у поєднанні збільшують свій вплив на бізнес та суспільне життя.

У період з 2020 р. по 2025 р. Центром майбутніх професій (*Cognizant Center for the Future of Work, США*) [269] прогнозується інтенсивний розвиток технологій, наведених на рис. 1.8. При цьому їхній вплив на бізнес збільшиться в середньому на 96%:

 43% Блокчейн	 39% Віртуальна реальність
 41% Геопростор. інф. системи	 34% Автономні безпіл. машини
 40% 3-D друкування	 33% Дрони

Рис. 1.8. Вплив технологій, які суттєво змінять різні галузі сучасного суспільства

(Ресурс: URL: https://www.cognizant.com/content/dam/Cognizant_Dotcom/images/get-ready-for-the-next-40-months-of-hyper-digital-transformation-Figure-4.jpg, (дата звернення 19.04.2020))

У зв'язку з розвитком зазначених на рис. 1.8 технологій (блокчейн – 43%, геопросторові інформаційні системи – 41%, технології 3D друкування – 40%, системи віртуальної реальності – 39%, автономні безпілотні машини – 34%, дрони – 33%) у поєднанні з попередньо розглянутими на рис. 1.6, рис. 1.7 технологіями очікувано призведуть до значних змін в таких галузях, як транспорт, банківська справа, фінанси, торгівля, виробництво, медицина, освіта. Для впровадження та використання цих цифрових технологій необхідно також змінювати спосіб мислення.

На рис. 1.9 показано галузі, в яких прогнозуються кардинальні зміни у зв'язку з цифровою трансформацією:

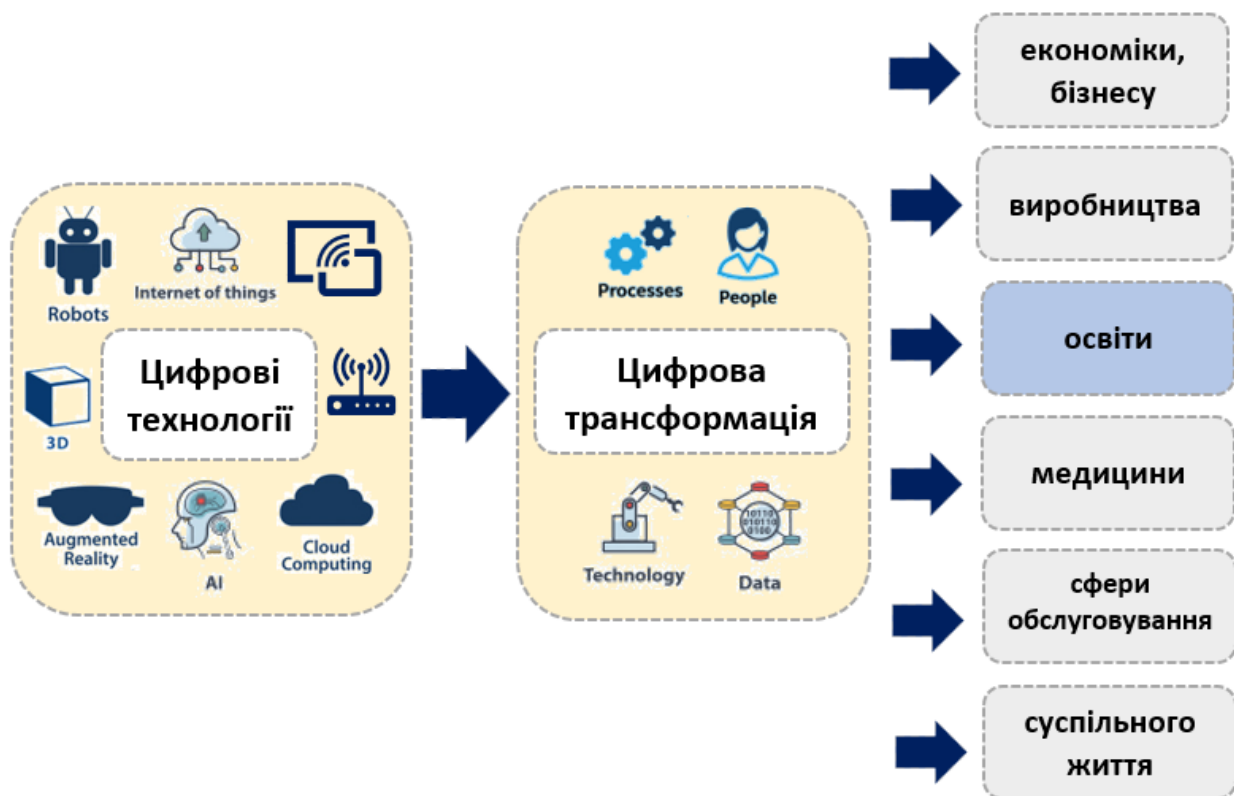


Рис. 1.9. Галузі, в яких відбуваються кардинальні зміни внаслідок цифрової трансформації

(Ресурс: власна розробка на основі [323])

Таким чином, вище викладене свідчить про значні зміни, що наразі відбуваються в суспільстві та економіці. Як наслідок, в результаті цих змін, зокрема цифрової трансформації, виникло поняття так званої *цифрової економіки*. Аналіз підходів до визначення поняття "цифрова економіка" детально здійснено у роботах [84, с. 106-107; 234, с. 40]. Узагальнюючи дослідження цих науковців, у даному дослідженні будемо дотримуватись такого тлумачення даного поняття:

Цифрова економіка – усі види економічної діяльності, що базуються на широкому використанні оцифрованих даних та цифрових технологій. Цифрову економіку також іноді називають *інтернет-економікою, новою економікою, або веб-економікою*. Останнім часом поняття *цифрова економіка* тісно переплітається з традиційною економікою, внаслідок чого чітке розмежування даних понять стає складнішим.

Основою цифрової економіки є [380, с. 2]:

- цифрове обладнання (апаратне, програмне забезпечення та комунікаційне обладнання);
- цифрові товари та послуги;
- цифрові навички та компетентності членів суспільства.

Країнами-лідерами з розвитку цифрової економіки є Сінгапур, Японія, Китай, Нова Зеландія, Естонія, Ізраїль, Німеччина, ОАЕ та США. Ці держави взяли чіткий курс на цифровий розвиток у сферах транспорту, освіти, електронних засобів і послуг, новітніх технологій [48, с. 29]. Характерною ознакою цифрової трансформації економіки в розвинутих країнах є розширення видів діяльності, пов'язаних із подальшим розвитком цифрової економіки.

Завдяки зростанню впливу цифрової економіки вже змінилися напрями, обсяги, пріоритети та динаміка розвитку багатьох сфер бізнесу. Так, наприклад,

вона сприяла збільшенню використання технологій і засобів на основі інтернету; інтенсифікації робіт, пов'язаних із підвищенням швидкості передавання даних. Саме з появою концепції цифрової економіки розпочалося масове зростання кількості та якості цифрових технологій, обсягів інвестицій у всі сфери, пов'язані з апаратним та програмним забезпеченням, послугами та зв'язком тощо. Інтернет наразі є не просто способом зв'язку та комунікації, а став інструментом для ведення бізнесу із високими показниками доходів [234, с. 41].

Однак, наслідки цифрової трансформації та розвитку цифрової економіки можуть бути непередбачувані. До основних таких негативних наслідків належать:

- технологічне безробіття, яке ризикує поглибити нерівність між людьми;
- скорочення зайнятості у сферах діяльності, пов'язаних з цифровою трансформацією (в тому числі у зв'язку із заміщенням людської праці на роботизовані системи);
- зниження попиту на низько- та середньокваліфікованих працівників;
- подальше зростання нерівності у доходах.

Проте, незважаючи на зазначене, на теперішній час цифрова трансформація та розвиток цифрової економіки для багатьох країн є пріоритетним напрямом глобальних техніко-технологічних перетворень.

1.2.2. Концепція "Індустрія 4.0" як цифрова трансформація виробництва

Швидкі темпи розвитку сучасних цифрових технологій, науки й техніки суттєво впливають на всі галузі суспільства: змінюються виробництво, освіта, медицина, ринок праці, засоби спілкування, опрацювання та передавання даних тощо. І цей вплив постійно зростає.

На сьогодні науково-технічний прогрес призвів до появи концепції "Індустрія 4.0" (*Industry 4.0*), пов'язаної із цифровою трансформацією виробничих процесів, суміжних галузей та виробництва в цілому.

Термін "*Industry 4.0*" походить від німецької назви "*Industrie 4.0*". ***Industrie 4.0*** є ключовою ініціативою високотехнологічної стратегії уряду Німеччини, оголошеною ще в 2011 році, яка повинна сприяти конвергенції між виробництвом, промисловістю, бізнесом та сучасними ІКТ [353]. Розвинені країни, такі як США, Франція та Японія, вже зробили перші кроки у даному напрямі, запустивши загальнодержавні програми для розвитку технологій на основі "Індустрії 4.0" [262].

Головною ідеєю концепції "Індустрія 4.0" є розвиток і поєднання автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему з мінімальним або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес [190, с. 96].

Розвиток концепції "Індустрія 4.0" пов'язаний з індустріальними революціями (рис. 1.10) [246; 353; 366]:

- *перша індустріальна революція* призвела до переходу від ручного до механізованого виробництва через використання парового двигуна (*друга половина 18 століття (1760) – 19 століття (1840)*);
- *друга індустріальна революція* уможливила перехід до масового виробництва за допомогою електродвигуна та конвеєра (*між 1870 р. та 1914 р.*);
- *третья індустріальна революція* призвела до переходу на автоматизоване виробництво через використання комп'ютерів та інформаційних технологій (*початок між 1950 р. та 1970 р.*). Цю індустріальну революцію називають також "цифрова революція" або "інформаційна ера", оскільки вона призвела до переходу від аналогових та механічних систем до цифрових;
- *четверта індустріальна революція* виводить автоматизацію виробничих процесів на новий рівень у зв'язку з впровадженням спеціалізованих та

гнучких технологій масового виробництва, створюючи "розумні фабрики", що обмінюються даними за допомогою технології інтернет речей. Це означає, що автоматизоване обладнання з елементами або на основі технологій штучного інтелекту буде працювати незалежно, як саморегульована система з мінімальним або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес, при цьому збираючи та зберігаючи дані для їх подальшого аналізу та пропонування можливих варіантів рішень (теперішній час).



Рис. 1.10. Чотири індустриальні революції

(Ресурс: за даними з джерела [366], URL: https://www.elinext.com/wp-content/uploads/2018/09/SE_artikkeli_kuva_SmartIndustry_v02-1024x538.png, (дата звернення: 24.04.2020))

До основних компонентів "Індустрія 4.0" належать [234, с. 19; 264; 345; 353, с. 8, с. 10]:

1. **Кібер-фізична система** – нове покоління систем з інтегрованими обчислювальними та фізичними властивостями на основі вбудованих комп'ютерних та мережних технологій, використання яких дозволяє здійснювати моніторинг та управління фізичними процесами на виробництві та отримувати зворотні дані.

2. *Інтернет речей* – мережа фізичних об'єктів, систем, платформ та програм, що містять вбудовані датчики для обміну даними в режимі реального часу.

3. *Інтернет сервісів* – надання послуг постачальниками через інтернет.

4. *"Розумна фабрика"* ("*Smart Factory*") – це завод, обладнання на якому автоматизоване, управляється комп'ютером і завдяки якому можна отримати зворотні дані про стан об'єкта в фізичному просторі за допомогою сенсорів.

Вважається, що четверта промислова революція призведе до так званого *"розумного виробництва"* та повного використання автоматизованих інтелектуальних систем на виробництві.

Таким чином, *"Індустрія 4.0"* – це трансформація виробничої галузі шляхом поєднання традиційних технологій з інноваційними цифровими технологіями, такими як робототехніка, штучний інтелект, сенсорні датчики, хмарні технології, технології інтернету речей тощо, синхронізованими зі смартфонами та багатьма іншими сучасними пристроями й додатками [246; 366; 368; 510; 511].

Для реалізації та розвитку ідей на основі концепції *"Індустрія 4.0"* між промисловими планами компаній AT&T, Cisco, General Electric, IBM та Intel ще в 2014 році була здійснена координація пріоритетів у галузі новітніх технологій, в результаті чого ними був заснований так званий *"Промисловий інтернет-консорціум"* (*IIC – Industrial Internet Consortium*) для підтримки та розвитку промисловості на основі інтернет-технологій. В той же час інші великі промислові корпорації, такі як Siemens, Hitachi, Bosch, Panasonic, Honeywell, Mitsubishi Electric, ABB, Schneider Electric та Emerson Electric також інвестували значні кошти в розвиток проектів, пов'язаних з використанням технологій Інтернету речей (*IoT – Internet of things*) та кібер-фізичних систем (*CPS – Cyber-Physical System*) [389].

Загалом, *"Індустрія 4.0"* визначається конвергенцією технологій, до яких належать [325; 366; 368; 401]:

- штучний інтелект та машинне навчання;
- великі дані (*Big Data*) та аналітика;
- технології на основі інтернету речей та широке використання датчиків;
- широкопотужні мережі малої потужності (*LPWAN – low-power wide area network*) для мереж "машина до машини" (*M2M – machine-to-machine*) та інтернет речей;
- хмарні технології;
- сенсорний і голосовий інтерфейси, системи віртуальної та доповненої реальності (*VR – virtual reality, AR – augmented reality*);
- передова робототехніка та автономні роботи;
- адитивне виробництво (3D друкування);
- кібербезпека.

За даними дослідження Центру майбутніх професій (*Cognizant Center for the Future of Work*, США), проведеного в 2016 році [441], зростання впливу цифрових технологій на економіку, виробництво, суспільне життя тощо до 2025 року буде відбуватися за такими напрямками (рис. 1.11):

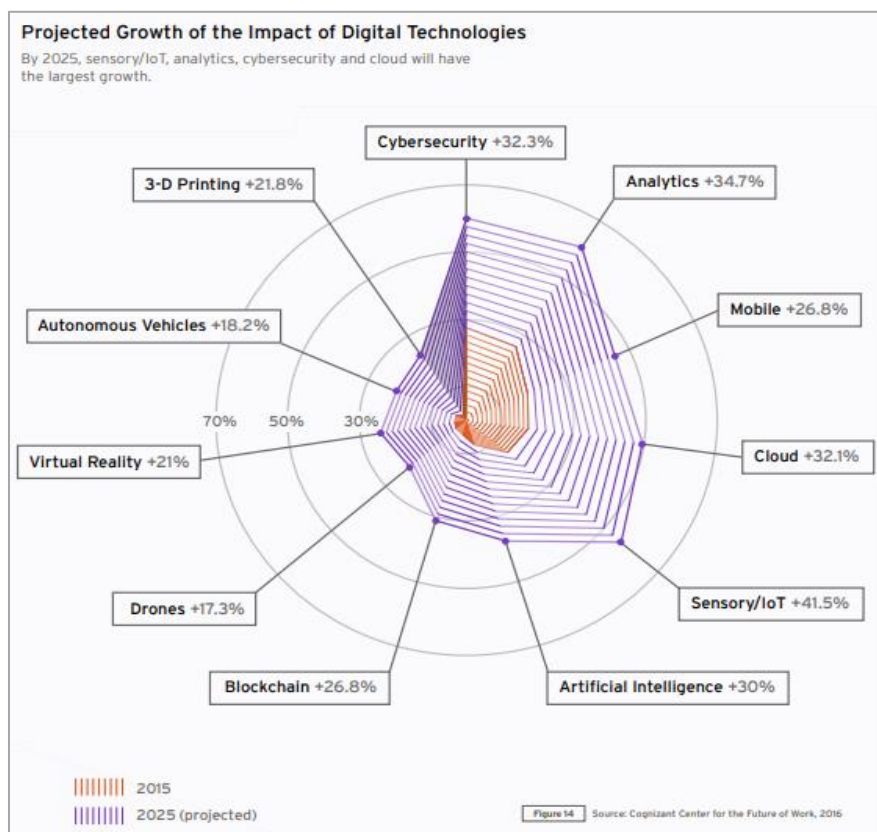


Рис. 1.11. Прогнозоване зростання впливу цифрових технологій на економіку, виробництво та суспільне життя до 2025 р.

(Ресурс: за даними з джерела [441], (дата звернення 23.04.2020))

На основі більшості із зазначених технологій і базується концепція "Індустрія 4.0". А саме, як видно з рис. 1.11, зростання впливу технологій інтернету речей за прогнозами збільшиться на 41,5%, аналітики великих даних – на 34,7%, кібербезпеки – на 32,3%, хмарних технологій – на 32,1%, технологій штучного інтелекту – на 30%, технологій 3D друкування – на 21,8%, систем віртуальної реальності – на 21%.

Зараз суспільство переживає суттєві технологічні перетворення. Виходячи з досягнень технологій, таких як робототехніка та 3D технології, можна очікувати, що четверта індустріальна революція принципово змінить економіку та суспільство, а саме, те, як люди живуть, працюють та взаємодіють з навколишнім середовищем [191, с. 98].

1.2.3. Майбутні професії, пов'язані з цифровими технологіями

У зв'язку із стрімким технологічним проривом у багатьох галузях виробництва глобальний ринок праці також зазнає великих змін. За прогнозами багатьох аналітиків цифрова трансформація економіки призведе до того, що в найближчі роки багато професій і спеціальностей кардинально зміняться або взагалі зникнуть.

Віце-президент та директор з досліджень компанії Forrester Research Глен О'Донел (Glenn O'Donnell) у 2018 році спрогнозував, що в найближчі 10 років (до 2027 р.) цифрова трансформація впливатиме на 85% усіх робочих місць. Автоматизація призведе до зникнення існуючих професій (до 17%), і, як наслідок, до виникнення нових (<https://www.crn.com/news/applications-of/digital-transformation-advice-be-the-automator-not-the-automated->).

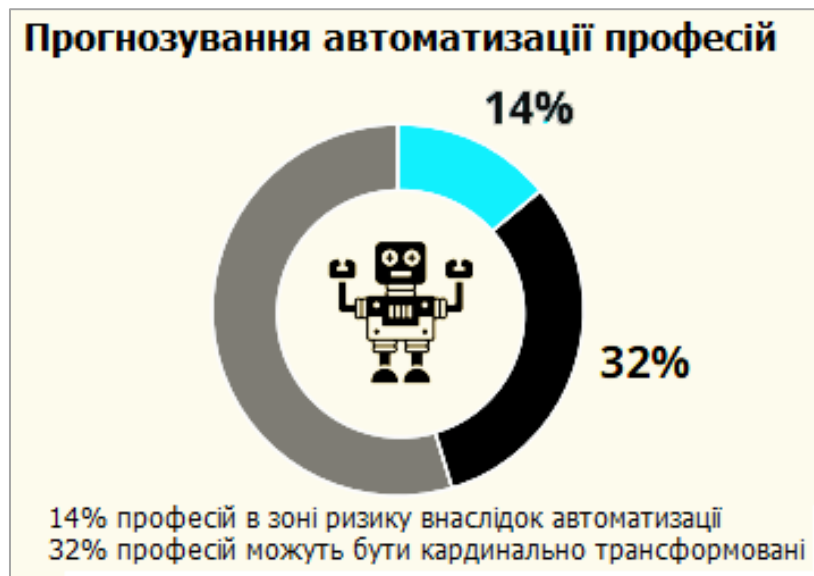
Відповідно до дослідження Всесвітнього економічного форуму (*WEF – World Economic Forum*) за 2018 рік про тенденції розвитку майбутніх професій (звіт WEF "Future of Jobs Report 2018") головними факторами, що впливатимуть на зміни професій на глобальному ринку праці у період до 2022 року, є [484, с. vii-ix]:

1. *Високошвидкісний мобільний інтернет, технології штучного інтелекту, широке використання аналітики великих даних та хмарні технології.*
2. *Подальший розвиток технологій інтернету речей, так зване "машинне навчання" і технологій віртуальної та доповненої реальності.*
3. *Тенденції до роботизації різних галузей людської діяльності.*
4. *Зміна співвідношення у розподілі праці "людина-роботизована система" у бік роботизації у період до 2022 року в зв'язку з прискоренням швидкості автоматизації виробництва.*
5. *Зміна видів зайнятості.* Близько 50% компанії очікують, що автоматизація призведе до скорочення їх працівників до 2022 року, а також на профіль їх діяльності. В той же час, більше чверті опитаних очікують, що процеси автоматизації призведуть до створення нових професій на їх підприємствах.
6. *Оптимістичний прогноз щодо змін професій.* Поряд із скороченням одних робочих місць очікується зростання кількості робочих місць за рахунок виникнення нових професій. До 2022 року в усіх галузях промисловості прогнозується зростання частки нових професій від 16% до 27% зростання на 11%. Деякі з оцінок таких тенденцій вказують на те, що до 75 мільйонів робочих місць можуть бути витіснені зміною розподілу праці у зв'язку з прискоренням швидкості автоматизації виробництва. В той же час, може з'явитися до 133 мільйонів нових робочих місць для працівників, які зможуть пристосуватись до нових умов розподілу праці між людьми та роботизованими системами.
7. *Зміщення акцентів популярності на певні професії.* У період до 2022 року підвищеним попитом будуть користуватися аналітики даних, вчені,

розробники програмного забезпечення, та спеціалісти з електронної комерції та соціальних медіа та інші професії, пов'язані з використанням технологій. Також очікується зростання попиту на працівників служб обслуговування клієнтів, продажів та маркетингу. Крім того, у зв'язку з інтенсивним розвитком сучасних цифрових технологій потрібні будуть фахівці у галузі штучного інтелекту та машинного навчання, в галузі великих даних, фахівці з автоматизації процесів, аналітики інформаційної безпеки, дизайнери інтерфейсів, інженери роботів, спеціалісти в галузі блокчейну.

8. *Зміна навичок та компетентностей*, необхідних для більшості професій. Переважна більшість роботодавців очікують, що до 2022 року навички, необхідні для великої кількості професій, значно зміняться.
9. *Необхідність у перекваліфікації*. Очікується, що до 2022 року не менше 54% всіх працівники будуть потребувати суттєвої перекваліфікації та підвищення кваліфікації.

За даними дослідження Організації економічного співробітництва та розвитку (*OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development*), проведеного в 2019 році, у зв'язку з цифровою трансформацією багатьох галузей суспільної діяльності прогнозується, що в найближчі 15-20 років може зникнути до 14% професій в результаті автоматизації та роботизації багатьох процесів на виробництві, підприємствах, в компаніях тощо, а до 32% професій кардинально зміняться з цієї ж причини [413, с. 9], (рис. 1.12):



*Рис. 1.12. Тенденції до змін у професіях в найближчі 15-20 років
(Ресурс: за даними OECD Employment Outlook 2019: The Future of Work [412; 413],
(дата звернення 01.05.2020))*

Аналогічні прогнози подано також у звіті за результатами досліджень Глобального інституту МакКінсі (*MGI – McKinsey Global Institute*) у 2017 році про майбутні професії [373], а саме у зв'язку з цифровізацією, автоматизацією та інтенсивним розвитком технологій на основі штучного інтелекту до 2030 року до 375 мільйонів працівників (приблизно 14%) можуть втратити роботу або потребувати перекваліфікації.

Масштабне дослідження стосовно професій майбутнього під назвою "*Форсайт компетентностей 2030*" було проведено російським Агентством стратегічних ініціатив і Московською школою управління "Сколково" у 2014 році. **Форсайт** (від англ. *foresight* – погляд в майбутнє, передбачення) – соціальна технологія, створена більше 30 років назад. Наразі активно використовується в зарубіжних країнах як в бізнесі, так і в державному управлінні. Ця технологія дозволяє учасникам спільно створювати прогноз розвитку окремої галузі, регіону або країни і, на його основі, домовлятися про спільні дії для досягнення потрібних результатів.

У дослідженні взяло участь понад 2 500 російських і міжнародних експертів, метою якого було виявлення майбутніх затребуваних професій у

19 найважливіших галузях і технологічних напрямів. Експерти обговорювали технологічні зміни, соціальні та економічні процеси, що впливають на структуру робочих місць, і, на основі цього, побудували так звані галузеві "карти майбутнього", за допомогою яких було визначено попит на нові компетентності та прогнозування появи нових професій. Результати дослідження було опубліковано в альманасі перспективних галузей та професій на наступні 10-15 років – "Атласі нових професій" [8; 260]. "Атлас нових професій" спирається на технологію прогнозування навичок (*STF – Skills Technology Foresight*), розроблену бізнес-школою "Сколково" в Москві, перевірену та підтверджену Міжнародною організацією праці (*ILO – International Labor Organization*).

Отже, враховуючи результати, охарактеризовані в дослідженнях [1; 8; 259; 260; 297; 302; 327; 391; 484; 506], наведемо приклади деяких професій, пов'язаних з *IT-галуззю і робототехнікою*, які або вже існують на сьогодні в певному вигляді, або виникнення яких прогнозується в найближчому майбутньому (табл. 1.2):

Таблиця 1.2

Майбутні та існуючі професії, пов'язані з IT-галуззю і робототехнікою

<i>Назва професії</i>	<i>Функції, опис професії</i>
Професії, які вже існують в певному вигляді	
Фахівець у галузі цифрової трансформації	Фахівець у галузі розробки стратегії цифрової трансформації певної галузі та кроків її реалізації
Архітектор штучного інтелекту	Фахівець з розробки архітектури системи штучного інтелекту та підтримки її функціонування
Інженер штучного інтелекту або інженер у галузі машинного навчання	Фахівці в галузі створення моделей на основі масивів великих даних для опрацювання природних мов, економічного прогнозування, розпізнавання образів тощо в системах штучного інтелекту
Архітектор інтернету речей	Фахівець з розробки та управління функціонуванням мереж на основі технології інтернету речей. Відповідальний за коректне функціонування пристроїв, під'єднаних до

Назва професії	Функції, опис професії
	побудованої мережі, часто на основі технології <i>M2M</i> (<i>Machine to Machine</i>)
Науковець з дослідження великих даних	Науковець, який працює над добором та поданням даних для організацій для прийняття ними обґрунтованих рішень
Аналітик інформаційної безпеки	Фахівець із захисту інформаційних систем від кіберзагроз. Аналітики безпеки є важливими для захисту даних користувачів та конфіденційних даних компанії
Аналітик великих даних	Аналітики даних інтерпретують дані. Вони забезпечують точність даних та знаходять найкращі способи їх використання. Найважливіше вміння таких фахівців – бачити логічні зв'язки в системі зібраних даних й, на основі цього, розробляти моделі, пропонувати можливі рішення
Розробник моделей великих даних	Фахівець, який проектує системи для збирання та опрацювання великих масивів даних, одержаних через мережу інтернет, розробляє інтерфейси збирання даних й аналітичні моделі
Фахівець у галузі 3D технологій	Фахівець з розробки, управління та обслуговування 3D принтерів різного призначення (в т.ч. 3D принтерів, вбудованих в робототехнічні комплекси на виробництвах)
3D дизайнер	Фахівець для розробки 3D моделей для різних потреб і галузей (виробництво, архітектура, легка, харчова промисловість тощо)
Інженер 3D друкування	Фахівець для супроводу 3D друкування в різних галузях (виробництво, архітектура, легка, харчова промисловість тощо), а саме з експлуатації, підтримки та контролю 3D принтерів
Консультант з безпеки особистого профілю	Радник з питань інформаційної безпеки користувачів інтернету. На основі поточного особистого профілю клієнта, на основі всіх даних, доступних про нього в глобальній мережі проводить аудит діяльності клієнта в інтернеті на слабкі місця, конфіденційність та загальну безпеку. За бажанням клієнта усуває слабкі місця, редагує (або видаляє) дані про нього та формує інформаційний образ клієнта
Проектувальник промислової робототехніки	Фахівець, який займається проектуванням роботизованих систем для виробництва (наприклад, для фарбування, зварювання, упаковки, штампування тощо), для виробничих логістичних пристроїв, (наприклад, навантажувачів, транспортерів, маніпуляторів), а також роботизованих комплексів, наприклад, для автоматизованих заводів

<i>Назва професії</i>	<i>Функції, опис професії</i>
Проектувальник дитячої робототехніки	Фахівець з розробки дитячих іграшок, ігор, гаджетів, інших товари на основі програмованих роботів з урахуванням психофізіологічних особливостей розвитку дітей різного віку
Оператор багатофункціональних робототехнічних комплексів	Фахівець з управління та обслуговування роботизованих систем на складних і небезпечних виробництвах, а також при роботі з важкодоступними або мікрооб'єктами
Проектувальник інтерфейсів безпілотної авіації	Фахівець з розробки інтерфейсів і програмних технологічних пакетів для управління безпілотними літальними апаратами. Відповідає за програмування і роботу систем забезпечення, навігацію та безпеку безпілотних літальних апаратів
Технік безпілотних літальних апаратів	Фахівці у галузі технічного обслуговування безпілотних літальних апаратів
Майбутні професії (з'являться після 2020 року)	
Тренер і технік штучного інтелекту	Фахівець з "адаптації" штучного інтелекту до соціальних норм людей, їх поведінки, звичок тощо
Розробник блокчейну	Фахівець з проектування протоколів блокчейну, моделей безпеки та мережної архітектури для даної технології
Проектувальників нейроінтерфейсів	Фахівець, який займається розробкою сумісних з нервовою системою людини інтерфейсів для управління комп'ютерами, домашніми та промисловими роботами, з урахуванням психології й фізіології користувачів
Архітектор віртуальної реальності	Фахівець з проектування рішень, що дозволяють працювати, вчитися, відпочивати тощо у віртуальній реальності. Розробляє програмне забезпечення та обладнання з урахуванням біо- та психопараметрів користувача (в тому числі під індивідуальне замовлення)
Інженер віртуальної / доповненої реальності	VR все більше і більше вдосконалюється, і це найближчим часом трохи змінить наше життя. Від віртуальних магазинів і додатків VR для дизайну інтер'єру - до моделювання реагування на надзвичайні ситуації й відволікання для навчання водіїв
Дизайнер віртуальних світів	Фахівець, який створює концептуальні рішення для віртуального світу: закони природи, суспільства, правила соціальної взаємодії, економіки, ландшафт, архітектуру, відчуття (в тому числі запахи, звуки), навколишнє середовище, соціальне оточення тощо
ІТ проповідник	Фахівець з комунікації з кінцевими користувачами ІТ-продуктів, який вчить їх ними користуватись. Здійснює

<i>Назва професії</i>	<i>Функції, опис професії</i>
	навчання людей нових програм, сервісів, технологій для скорочення технологічного розриву серед населення
Проектувальник домашніх роботів	Фахівець, який займається розробкою і програмуванням домашніх роботів (таких, наприклад, як робот-доглядальниця, робот-прибиральник, робот-прачка, робот-садівник, робот для вигулювання собак тощо), призначені для полегшення ведення домашнього господарства. Такі роботи будуть інтегровані з іншими елементами "розумного будинку", зможуть вільно переміщуватися та виконувати складну домашню роботу
Проектувальник нейроінтерфейсів з управління роботами	Фахівець з проектування систем управління промисловими та бойовими роботами через нейроінтерфейси за допомогою індивідуальних операторів або розподілених колективів
Інженер безпілотних пристроїв	Фахівець з розробки програмного забезпечення для безпілотного транспорту та систем управління транспортними потоками. Одна з функцій – контроль за інтелектуальними системами управління

(Ресурс: власна розробка на основі джерел [8; 260])

У табл. 1.3 наведено майбутні професії різних галузей, пов'язані з цифровими технологіями.

Таблиця 1.3

Майбутні професії різних галузей, пов'язані з цифровими технологіями

<i>Назва професії</i>	<i>Орієнтовний час виникнення професії</i>	<i>Функції, опис професії</i>
Професії, пов'язані з медициною		
ІТ генетик (<i>Gene Therapy Expert</i>)	з'явиться після 2020 р.	Фахівець з програмування геному за заданими параметрами, в тому числі, для лікування спадкових захворювань та інших генетичних проблем у дітей
Медичний 3D дизайнер (<i>3D Medical Designer</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець для моделювання людських штучних органів та кісток для їх друкування на 3D принтерах для заміни пошкоджених
Проектувальник медичних роботів (<i>Medical Robot Designer</i>)	з'явиться після 2020 р.	Фахівець з проектування біосумісних робототехнічних комплексів і кіберпристроїв для медицини та біотехнологічної галузі (наприклад, роботів-хірургів, діагностичних роботів тощо)

<i>Назва професії</i>	<i>Орієнтовний час виникнення професії</i>	<i>Функції, опис професії</i>
Оператор медичних роботів (<i>Medical Robot Operator</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець у галузі програмування діагностичних, лікувальних та хірургічних роботів. Найвідоміший серед існуючих в світі хірургів-роботів – <i>Да Вінчі</i> . Подібні роботи-хірурги наразі вже використовуються в різних операціях, починаючи від реконструкції мітрального клапана до хірургії хребта
Менеджер медичних даних (<i>Medical Data Manager</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець з ґрунтовними знаннями в ІТ галузі. До основних його видів діяльності належать: створення баз фізіологічних даних, управління ними, створення програмного забезпечення для лікувального та діагностичного обладнання
Біоінформатик (<i>Bioinformatician</i>)	вже існує в певному вигляді	У випадку незвичайного розвитку захворювання пацієнта біоінформатик моделює за допомогою комп'ютера біохімічні процеси захворювання для того, щоб зрозуміти його першопричину (виявлення порушень субклітинному рівні)
Дизайнер імплантів та роботизованих протезів (<i>Robotic Prothesis and Implant Designer</i>)	з'явиться після 2020 р.	Розробка штучних функціональних пристроїв (роботизованих протезів) та штучних органів, сумісних з живими тканинами. Існуючі досягнення у галузі: <ul style="list-style-type: none"> • вже розроблені електричні стимулятори м'язів для імплантації паралізованим пацієнтам; • вже існує імплантат, який функціонує як природне око; • протези для кінцівок мають все складніші функції.
Професії, пов'язані з архітектурою		
Дизайнер інфраструктури "розумних будинків" (<i>Smart House Infrastructure Designer</i>)	з'явиться після 2020 р.	Фахівець з проектування, встановлення та налаштування системи управління "розумним будинком" (наприклад, побутовими приладами, системами безпеки, системами електро- та водопостачання тощо)

<i>Назва професії</i>	<i>Орієнтовний час виникнення професії</i>	<i>Функції, опис професії</i>
Будівник "розумних доріг" (<i>Smart Road Builder</i>)	з'явиться після 2020 р.	Фахівець, який обирає та встановлює дорожнє адаптивне покриття, розмітку, дорожні знаки з радіочастотної ідентифікацією, системи спостереження і датчики для контролю стану дороги
Професії, пов'язані з різними галузями		
Координатор освітніх онлайн платформ (<i>Educational Online Platform Coordinator</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець освітнього закладу (або незалежного освітнього проекту), який має відповідні компетентності для підготовки та супроводу онлайн-курсів з конкретних дисциплін, організовує і просуває конкретні курси або типові освітні траєкторії, модерує спілкування викладачів і студентів в рамках курсів або платформ, надає поради до доопрацювання функціоналу платформи. Однією з функцій таких фахівців є організація групових обговорень для кращого засвоєння матеріалу
Модератор інтернет-спільнот користувачів (<i>User Community Moderator</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець з організації і модерації електронних форумів, ігрових, освітніх майданчиків в глобальній мережі. Прикладом є <i>модератор платформи для взаємодії користувачів з державними органами</i>
Інфостиліст (<i>Info Stylist</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець, який добирає інформацію та стиль її викладу в профіль клієнта у відповідності до його запитів
Персональний бренд-менеджер (<i>Personal Brand Manager</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець, який займається формуванням персонального іміджу з використання соціальних мереж та інших публічних майданчиків відповідно до цілей і вимог замовника
Дизайнер елементів одягу (взуття) із вбудованими технологіями (<i>Wearable Power Device Designer</i>)	з'явиться після 2020 р.	Дизайнер (мобільних) елементів одягу (взуття) із вбудованими технологіями, наприклад, з елементами генерування електроенергії. Прикладом є куртка Ecotech виробництва італійської компанії Zegna Sport, оснащена сонячними батареями

<i>Назва професії</i>	<i>Орієнтовний час виникнення професії</i>	<i>Функції, опис професії</i>
Мережний юрист (<i>Network or Online Lawyer</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець, який займається формуванням нормативно-правового взаємодії в глобальній мережі (в тому числі у віртуальних світах), розробляє системи правового захисту людини і власності в інтернеті (включаючи віртуальну власність)
Віртуальний адвокат (<i>Virtual Lawyer</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець з юридичного супроводу з використанням засобів інтернету, в тому числі за нормами законодавства тієї країни, в якій повинна вестися справа (незалежно від країни, в якій практикує сам юрист)
Цифровий лінгвіст (<i>Digital Linguist</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець з розробки лінгвістичних систем для семантичного перекладу з урахуванням контексту та змісту, опрацювання текстових даних (в тому числі в процесі семантичного пошуку в інтернеті)
Фахівець з відслідковування трендів (<i>Trend Watcher / Foresighter</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець, який відслідковує появу нових тенденцій у різних галузях економіки, суспільної діяльності, політиці, культурі тощо, на основі чого складає звіти про вплив нових тенденцій на різні галузі суспільної діяльності
Тайм-брокер (<i>Time Broker</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець, який "продає" робочий час фрилансерів – керує зайнятістю інших людей на робочому ринку. У зв'язку із зростанням кількості фрилансерів знадобляться послуги тайм-менеджерів, які будуть організовувати та продавати робочий час інших людей
Соціальний працівник з адаптації людей з особливими (обмеженими) потребами засобами інтернет-технологій (<i>Social Worker for Disabled Persons Adaptation via Internet Technology</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець, який допомагає людям з обмеженими можливостями увійти в життя звичайних людей, а саме навчає їх навичкам для віддаленої роботи, допомагає їм підібрати сферу професійної діяльності, організувати їх робочий процес і процес відпочинку (наприклад, добирає онлайн-спільноти, платформ для спілкування, освітні курси тощо)

<i>Назва професії</i>	<i>Орієнтовний час виникнення професії</i>	<i>Функції, опис професії</i>
Тестувальник нових технологій (<i>New Technology Tester</i>)	вже існує в певному вигляді	Фахівець для тестування новітніх технологій для визначення шляхів їх подальшого впровадження у масове виробництво

(Ресурс: власна розробка на основі джерел [8; 260])

Таким чином, можна зробити висновки, що разом із появою цифрових технологій з'являються нові професії, пов'язані з розробкою, впровадженням та обслуговуванням нових технологічних рішень. Перед потенційними працівниками відповідно виникають нові вимоги до рівня їх кваліфікації та компетентностей [234, с. 42].

Для того, щоб при створенні нових робочих місць в майбутньому не виник дефіцит на попит кваліфікованих фахівців, розробка виваженої стратегії перекваліфікації та підвищення кваліфікації працівників різних галузей людської діяльності необхідна вже сьогодні. Як наслідок, потрібні системні зміни в освітній галузі.

1.2.4. Навички для майбутніх професій

У зв'язку з інтенсивними процесами цифрової трансформації багатьох галузей суспільної діяльності змінюється інфраструктура, виробництво, економіка; способи мислення людей, їх комунікація тощо. Виникають нові професії, що призводить до нових вимог до працівників та функцій, які вони будуть виконувати. Це потребує перекваліфікації й оновлення навичок та компетентностей фахівців.

Грунтовний аналіз навичок та компетентностей, необхідних фахівцям з різних галузей в найближчому майбутньому, а також прогнозування їх змін, проводилися у дослідженнях [265; 373; 459; 483; 484]. В цілому, результати цих досліджень показують зміни вимог до навичок, що, в першу чергу, пов'язано з

швидким технологічним прогресом та, відповідно, структурними змінами на ринку праці.

На основі результатів дослідження, проведеного за ініціативи Всесвітнього економічного форуму, в 2015 році було визначено навички, які є найбільш затребуваними в 2020 році. На рис. 1.13 показано, як за 5 років змінилися вимоги до загальних навичок фахівців:



Рис. 1.13. Зміни у вимогах до загальних навичок фахівців з 2015 року по 2020 рік

(Ресурс: власна розробка на основі даних звіту про майбутні професії Всесвітнього економічного форуму: *Future of Jobs Report 2016* [483], URL: https://weforum-assets-production.s3-eu-west-1.amazonaws.com/editor/bD4ikTLC2_fTr1843WCwYsZFbkCs-VwJBAQu2COD1rE.png (дата звернення: 11.05.2020))

Класифікацію професій та відповідних їм навичок і компетентностей фахівців було запропоновано "Професійною інформаційною мережею" O*NET Міністерства праці США (O*NET – Occupational Information Network) [483; с. 52-53; 484, с. 29-30]. На основі даної класифікації засновані звіти Всесвітнього економічного форуму про майбутні професії за 2016, 2018 рр., а

також був зроблений прогноз стосовно змін у вимогах до загальних навичок фахівців з 2015 року по 2020 рік.

Розглянемо зазначені навички та компетентності:

- ***Уміння вирішувати складні проблеми***

Уміння визначати суть складної проблеми (часто з невизначеними умовами), вирішення якої потребує знань з різних галузей та системного мислення, уміння знаходити пов'язані з нею дані для розробки та оцінки варіантів вирішення проблеми та реалізації оптимальних рішень.

За останні 5 років потреба у таких фахівцях зросла на 52%.

- ***Критичне мислення***

Уміння використовувати логічне мислення та міркування для виявлення сильних та слабких сторін альтернативних рішень проблеми; розуміти логічні зв'язки між ідеями, визначати, будувати й оцінювати аргументи стосовно запропонованих рішень, виявляти невідповідності, помилки в міркуванні (в тому числі й особистому); визначати актуальність і важливість ідей, аргументувати власні судження й цінності, в тому числі із залученням необхідних джерел даних; робити обґрунтовані висновки [161]. Ця компетентність входить в прогнози аналітиків на найближчі 10-15 років.

- ***Креативність***

Готовність і здатність до творчості, що виявляється як у діяльності, так і у мисленні, спілкуванні, почуттях. Цікавість до складних завдань, які можуть бути джерелом нового досвіду, самостійність поглядів та оцінок, невіддільність стереотипам, відкритість до сприйняття нових ідей, гнучкість, пластичність та оригінальність мислення [161].

- ***Управління людьми***

Здатність до ефективної взаємодії з людьми, яка виявляється в уміннях мотивувати, розвивати та спрямовувати людей під час їх роботи; уміння

знаходити спільну мову з різними людьми, створювати позитивний настрій, виявляти терпіння, визначати найкращих людей для визначених видів робіт.

- ***Координування з іншими***

Уміння коригувати власні дії стосовно дій інших людей.

- ***Емоційний інтелект***

Емоційний інтелект – група ментальних здібностей, призначених для усвідомлення та розуміння власних емоцій та емоцій оточуючих. Люди з високим рівнем емоційного інтелекту добре розуміють свої емоції та почуття інших людей, можуть ефективно управляти своєю емоційною сферою, і тому в суспільстві їхня поведінка більш адаптивна. Вони легше досягають своїх цілей у взаємодії з оточуючими.

- ***Формування власних суджень та прийняття рішень***

Здатність до визначення проблеми та множини можливих шляхів її вирішення; уміння враховувати відносні втрати та вигоди від власних дій та потенційних дій оточуючих, пов'язаних з кожним варіантом, для прийняття відповідних виважених рішень; добір, реалізація обраного варіанту; оцінювання впливу рішення та його змін, за необхідності [161].

- ***Орієнтованість на клієнтів***

Уміння знаходити способи допомоги людям.

- ***Уміння вести переговори***

Здатність до врегулювання існуючих розбіжностей, до досягнення компромісу або угоди без суперечок та конфліктів на підставі принципів справедливості, взаємної вигоди для досягнення якнайкращого результату [161].

- ***Когнітивна гнучкість***

Когнітивна гнучкість – це здатність розуму швидко перемикатися з однієї думки на іншу, а також обмірковувати кілька речей одночасно. Одночасне розглядання конкретного об'єкта або складної проблеми в декількох аспектах, адаптація мислення, уваги у відповідь на зміну цілей діяльності

чи завдань або появу нових зовнішніх чинників і ситуацій, розуміння й усвідомлення всіх можливих варіантів і альтернатив одночасно в тій чи іншій ситуації.

- **Контроль якості**

Здатність проводити випробування та перевірку продуктів, послуг, процесів для оцінювання їх якості та/або ефективності.

- **Активне слухання**

Уміння приділяти повну увагу тому, що говорять інші, знаходити час для розуміння певних моментів, ставити питання як можна і не перебивати у невідповідні часи.

Як видно з рис. 1.13, з 2015 року до 2020 року змінилася третина навичок та компетентностей (близько 35%). Дві навички зникли (*контроль якості, активне слухання*), нові дві з'явилися (*емоційний інтелект, когнітивна гнучкість*). Здатність до креативного та критичного мислення наразі набули більшої ваги порівняно з вимогами до навичок 2015 року.

Більшість із розглянутих навичок пов'язана з поняттями так званих "*hard skills*" (професійні навички або навички, пов'язані з фахом) та "*soft skills*" (навички, які не залежать від галузі діяльності).

Hard skills (від англ. "*тверді навички*") – це вузькоспеціалізовані навички (або навички, пов'язані з фахом), використання яких дозволяє працювати в межах конкретної професії, сталих умовах тощо. Зазвичай наявність цих навичок ефективна для вирішення типових завдань, характерних для однієї галузі діяльності.

Soft skills (від англ. "*м'які навички*" або "*гнучкі навички*") – комплекс неспеціалізованих, надпрофесійних якостей і навичок особистості, використання яких сприяє успішній участі в робочому процесі, високій продуктивності. На відміну від професійних, спеціалізованих навичок (*hard skills*) ці навички не пов'язані з конкретною галуззю діяльності [38; 39; 69; 129; 461].

Високий рівень сформованості гнучких навичок дозволяє фахівцям швидко адаптуватися до нових умов, без особливих ускладнень змінювати галузь діяльності, вирішувати нестандартні завдання.

Дослідження, проведені у Гарвардському та Стенфордському університетах показали, що лише 15% кар'єрного успіху забезпечується рівнем професійних навичок, в той час як інші 85% – це гнучкі навички [39, с. 94].

На теперішній час не існує загальноприйнятої класифікації навичок, які відносять до гнучких навичок. Їх набір може також змінюватись залежно від певної галузі діяльності. Однак, аналіз джерел та узагальнення досліджень з питань визначення гнучких навичок показав, що більшість дослідників [1; 38; 39; 69; 72; 80; 324; 460; 461] до них відносять такі навички й компетентності:

- *уміння спілкуватися;*
- *міжособистісні навички ;*
- *відповідальність;*
- *уміння вирішувати проблеми;*
- *адаптивність та гнучкість;*
- *уміння працювати в команді;*
- *уміння вести переговори та вирішувати конфлікти;*
- *лідерство.*

Багато з навичок, що відносять до гнучких, будуть необхідні для фахівців, які будуть працювати в майбутньому.

Так, за прогнозуванням на основі досліджень Всесвітнього економічного форуму в 2018 році, що відображено у звіті про майбутні професії (*Future of Jobs Report 2018*), у 2022 році до найважливіших навичок та компетентностей будуть належати такі [484, с. 12]:

- *аналітичне мислення та уміння використовувати інновації;*
- *стратегії навчання та активне навчання;*
- *креативність, оригінальність та ініціативність;*
- *компетентності у галузі технологій проектування та програмування;*

- критичне мислення та уміння аналізувати;
- уміння комплексно вирішувати проблеми;
- лідерство та соціальний вплив;
- емоційний інтелект;
- обґрунтування, вирішення проблем та генерування ідей;
- системний аналіз та оцінювання.

Крім того, очікується, що до 2022 року не менше 54% всіх працівників будуть потребувати суттєвої перекваліфікації та підвищення кваліфікації [484, с. ix, с. 12-13].

З них, за оцінками роботодавців, які брали участь у дослідженні стосовно визначення важливих навичок та компетентностей у найближчому майбутньому, близько 35% потребуватимуть додаткового навчання до 6 місяців, для 9% буде потрібна додаткова підготовка тривалістю від 6 до 12 місяців, а для 10% знадобиться перекваліфікація тривалістю більше року. 41% роботодавців будуть сприяти перекваліфікації своїх високопродуктивних працівників (рис. 1.14).



*Рис. 1.14. Прогнозована тривалість перекваліфікації для працівників
опитаних компаній протягом 2018-2022 рр.*

*(Ресурс: власна розробка за даними Всесвітнього економічного форуму: Future of Jobs
Report 2018 [484, с. 13])*

Таким чином, розглянуті вище дослідження показують необхідність модернізації не тільки системи підвищення кваліфікації фахівців, а й трансформації системи освіти в цілому.

Про важливість зазначеного свідчить також наступне. За оцінками, зробленими на основі досліджень Всесвітнього економічного форуму, близько 65% дітей, які нині йдуть до початкових шкіл, будуть працювати в нових видах професій та виконувати функції, яких наразі ще не існує [483]. Ці діти будуть закінчувати школи та починати працювати, щонайменше, через 10 років. Тому на сьогоднішній день актуальними є питання аналізу та визначення навичок, які будуть затребувані в 2030 році.

Подібні дослідження проводяться, наприклад, Організацією економічного співробітництва та розвитку (OECD) [415], Глобальним інститутом МакКінсі (MGI) [459], Всесвітнім економічним форумом (WEF) [477], компанією Pearson [265], що займається видавничою та освітньою діяльністю, та ін.

Зокрема, у цих дослідженнях виокремлено групи навичок, які, за прогнозами, будуть затребувані в 2030 році:

● **Пізнавальні здібності та навички вищого порядку.**

Це навички та вміння, що включають в себе:

- грамотність: уміння читати, писати, рахувати;
- навички критичного мислення;
- креативність;
- інноваційний спосіб мислення;
- комплексне опрацювання даних та їх інтерпретація;
- формування власних суджень та прийняття рішень.

- ***Соціальні та емоційні навички й компетентності.***

Вони включають в себе:

- розвинуті комунікаційні навички та уміння вирішувати конфлікти;
- співпереживання;
- здатність мотивувати себе та постійно вчитися;
- гнучкість, адаптованість;
- лідерство та здатність управління іншими;
- підприємництво та ініціативність;
- когнітивна гнучкість;
- емоційний та соціальний інтелект.

- ***Технологічні навички та компетентності.***

Ця група охоплює від базових ІТ-навичок до компетентностей для роботи з сучасними цифровими технологіями, в тому числі аналіз даних, інженерія тощо:

- цифрова грамотність та обчислювальне мислення;
- базові цифрові навички та обізнаність в сучасних ІКТ;
- розвинені ІТ компетентності, включно з компетентностями у галузі програмування.

Таким чином, на теперішній час існує нагальна потреба у визначенні впливу сучасних технологій на ринки праці, на основі чого можна планувати напрями модернізації освітньої галузі. В першу чергу, вони повинні бути спрямовані на підвищення рівня освіти та розвиток відповідних навичок й компетентностей для людей різного віку.

1.2.5. Ініціативи країн Європейського Союзу в галузі цифрової трансформації

Як було зазначено раніше, цифрова трансформація на теперішній час є пріоритетним напрямом для глобальних змін в багатьох країнах. Такі тенденції

призводять до необхідності кардинальних змін в системі освіти. Наведемо окремі положення, які показують ініціативи країн Європейського Союзу в галузі цифрової трансформації.

Одним з найважливіших пріоритетів розвитку ЄС в галузі поширення цифрових технологій є ініціатива "*Європа, що пристосовується до цифрової ери*" (*A Europe fit for the digital age*). Головними напрямками даного пріоритету є [245]:

- *Розвиток технологій штучного інтелекту* – програма "*Excellence and trust in artificial intelligence*".

Для вирішення багатьох проблем суспільства (у галузі охорони здоров'я, сільського господарства, безпеки, виробництва тощо) пропонується використовувати великі масиви даних та штучний інтелект, за допомогою яких можна приймати обґрунтовані рішення.

- *Європейська стратегія в галузі опрацювання даних* – програма "*European data strategy*".

В рамках програми Європейською комісією планується створення єдиного *ринку даних* (*A single market for data*), за допомогою якого буде забезпечено доступ громадян до великих масивів даних. Крім того, ініціативи у цьому напрямі сприятимуть використанню даних для бізнесу, дослідників та державних адміністрацій.

- *Європейська промислова стратегія* – програма "*European industrial strategy*".

Основною ідеєю стратегії є використання зелених та цифрових технологій для розширення потужностей промисловості, малих і середніх підприємств.

Цифрова трансформація бізнесу та суспільства в Європейському Союзі (ЄС) представляє великий потенціал зростання для Європи. У зв'язку з бурхливим розвитком ІКТ та цифрових технологій за останні роки в ЄС прийнято ряд важливих документів, пов'язаних з цифровою трансформацією, до яких належать:

- Цифрова стратегія Європейської комісії (European Commission Digital Strategy);
- Цифровий порядок денний для Європи (Digital Agenda for Europe);
- Стратегія єдиного цифрового ринку для Європи (Digital Single Market Strategy for Europe);
- Ініціатива у галузі цифрової трансформації (Digital Transformation Initiative).

Наведемо коротку характеристику цих документів.

Для досягнення цілей, зазначених в ініціативі "Європа, що пристосовується до цифрової ери", в 2018 році була прийнята "Цифрова стратегія Європейської комісії" (European Commission Digital Strategy) до 2022 року. Основні напрями розвитку даної стратегії в найближчі роки подано на рис. 1.15 [337; 482]:

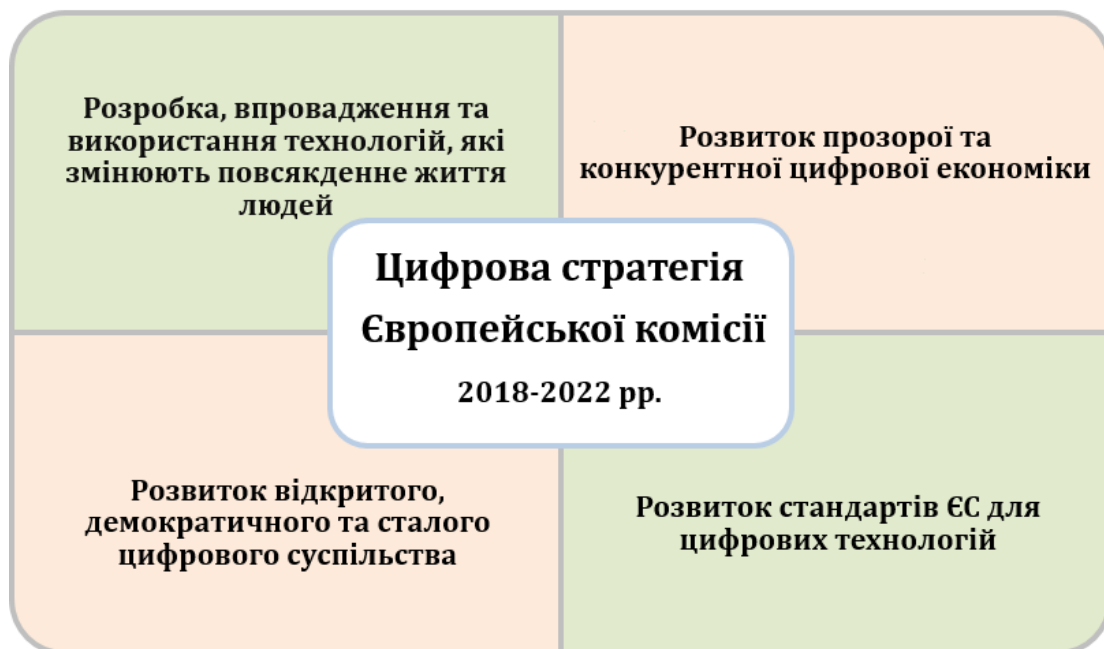


Рис. 1.15. Основні напрями розвитку цифрової стратегії
Європейської комісії

(Ресурс: власна розробка на основі джерела [482])

Коротко охарактеризуємо кожний з напрямів.

1. Розробка, впровадження та використання технологій, які змінюють повсякденне життя людей:

- штучний інтелект;
- хмарні технології;
- технологія блокчейну;
- квантові технології;
- технології інтернету речей;
- телекомунікаційні системи "п'ятого покоління" 5G;
- кібербезпека;
- фотоніка, мікро- та наноелектроніка.

При цьому необхідне підвищення рівня сформованості цифрових навичок населення, в тому числі для професій, пов'язаних з ІКТ і цифровими технологіями.

2. Розвиток прозорої та конкурентної цифрової економіки:

- цифрова трансформація європейської промисловості;
- ініціативи у галузі електронної комерції;
- доступ до даних та зміна підходів до їх захисту;
- підтримка та розвиток європейських стартапів;
- зміна підходів до забезпечення авторського права в ЄС відповідно до нових умов;
- підтримка інтернет-платформ широкого спектру діяльності, включаючи інтернет-маркетинг, соціальні медіа, рекламні майданчики, веб-сайти для порівняння цін, платформи для економіки спільного використання тощо.

3. Розвиток відкритого, демократичного і сталого цифрового суспільства:

- формування медіа та цифрової культури;
- подолання поширення та впливу дезінформації в європейському сегменті інтернету;
- цифрова трансформація галузі охорони здоров'я;
- розвиток систем "електронного урядування" та цифрових державних послуг;

- впровадження електронної ідентифікації (*eID*) для забезпечення безпечного доступу до онлайн сервісів та безпечного здійснення електронних транзакцій;
- розробка інфраструктури "розумного міста";
- розвиток програми "безпечного інтернету" для дітей;
- посилення участі жінок у секторі технологій взагалі та в ІТ зокрема.

4. Розвиток стандартів ЄС для цифрових технологій:

- стандартизація специфікацій в ІТ галузі в ЄС;
- розвиток ініціатив з розробки інтернету нового покоління (*Next Generation Internet – NGI*).

Цифровий порядок денний для Європи (Digital Agenda for Europe) є однією із семи головних ініціатив стратегії Європейської Комісії "*Європа 2020*" (*Europe 2020*), запропонованої на 2010-2020 рр. [336]. У програмі зазначено про ключову роль ІКТ та цифрових технологій, використання яких повинно сприяти у досягненні поставлених цілей – створення цифрової економіки [243; 309]. Для досягнення цих цілей Європейська комісія тісно співпрацює з національними урядами, зацікавленими організаціями та компаніями.

Для реалізації зазначеного та забезпечення прозорого, відкритого й безпечного цифрового середовища Європейською комісією було запропоновано "*Стратегію єдиного цифрового ринку для Європи*" (*Digital Single Market Strategy for Europe*), розроблену на 2014-2019 рр. На думку європейських експертів, єдиний цифровий ринок забезпечує об'єднаній Європі щорічно додаткові 415 мільярдів євро, а також сприяє створенню сотень тисяч робочих місць.

"Стратегія єдиного цифрового ринку" є однією із складових програми "*Цифровий порядок денний для Європи*" й побудована на виконанні трьох основних умов [244; 454]:

- забезпеченні кращого доступу споживачів і підприємств до цифрових товарів та послуг у всій Європі;

- створенні належних умов для підтримки, удосконалення комп'ютерних мереж і цифрових послуг;
- максимізації зростання потенціалу цифрової економіки.

Ініціатива у галузі цифрової трансформації (Digital Transformation Initiative) була прийнята в 2015 році на Всесвітньому економічному форумі в Давосі як складова системної ініціативи щодо формування майбутнього цифрової економіки та суспільства (*System Initiative on Shaping the Future of Digital Economy and Society*).

Відповідно до даної програми визначено чотири напрями технологічних інвестицій, які важливо розвивати для подальшої цифрової трансформації ЄС [322], (рис. 1.16):

- ***Когнітивні технології***

Когнітивні технології включають штучний інтелект та аналітику великих масивів даних. Для технологій штучного інтелекту використовується глибоке опрацювання та "розуміння" природної мови. Аналітика великих масивів даних – це нове покоління технологій і архітектури, розроблених для отримання потрібних відомостей з дуже великого обсягу різноманітних даних.

- ***Технології інтернету речей / під'єднані пристрої***

До цих технологій належать "мережі мереж" фізичних об'єктів, систем, платформ та програм, що містять вбудовані датчики для обміну даними в режимі реального часу, а також унікально пов'язують ідентифіковані кінцеві пристрої з автономним під'єднанням до інтернет-протоколу.

До 2025 року прогнозується, що кількість пристроїв, під'єднаних до мереж на основі технологій інтернету речей перевищить 40 мільярдів, що сприятиме постійному технологічному прогресу та зниженню витрат на обчислення, зберігання даних, під'єднання різних пристроїв (<https://www.weforum.org/platforms/shaping-the-future-of-technology-governance-iot-robotics-and-smart-cities>).

- **Робототехніка**

Напряма включає дизайн, конструкцію, реалізацію та роботу роботів. До цього напрямку не належать автоматизовані процеси з використанням робототехнічних систем, когнітивні інтерфейси та інші програмні додатки, тобто робототехнічні пристрої, які не рухаються.

- **Мобільні / соціальні медіа**

До напрямку належать мобільні та соціальні технології. Рішення для мобільних технологій включають пристрої, програмне забезпечення, інфраструктуру, супутні послуги тощо, що використовують мобільні послуги передавання даних. Соціальні технології сприяють співпраці між зацікавленими сторонами, партнерами, продавцями, замовниками.



Рис. 1.16. Напрями технологічних інвестицій для цифрової трансформації ЄС

(Ресурс: за даними World Economic Forum/Accenture Analysis [322],

(дата звернення 12.04.2020))

У рамках наступного довгострокового бюджету ЄС в 2018 році Єврокомісією запропоновано програму "Цифрова Європа" на 2021-2027 рр., яка орієнтована на створення стратегічного цифрового потенціалу Європи та на сприяння широкому впровадженню цифрових технологій. Загальний бюджет проєкту становить 9,2 мільярдів євро. В його основі лежить цифрова трансформація європейського суспільства та економіки. Початок заплановано на 1 січня 2021 року.

Програма також сприятиме збільшенню інвестицій у розвиток суперкомп'ютерів, технологій штучного інтелекту, кібербезпеку; формування і розвиток цифрових навичок населення та забезпечення широкого використання цифрових технологій в економіці та суспільстві з метою підвищення конкурентоспроможності Європи у світовій цифровій економіці [313; 335].

Таким чином, програма "Цифрова Європа", розрахована на 2021-2027 рр., є програмою фінансування, присвяченою виключно підтримці цифрової трансформації в ЄС.

Крім того, ЄС відіграє активну роль у формуванні цифрової економіки, а саме відбувся ряд ініціатив у сферах:

- цифровізації промисловості та державних служб;
- інвестицій в цифрову інфраструктуру та послуги;
- дослідницьких програм;
- кібербезпеки;
- електронної комерції;
- законодавства про захист авторських прав і даних.

Серед громадян ЄС зростає усвідомлення того, що цифрові технології відіграють важливу роль у повсякденному житті. Так, наприклад, в опитуванні за 2017 рік 2/3 європейців заявили, що цифрові технології позитивно впливають на суспільство, економіку та їхнє власне життя. Однак, вони також приносять нові виклики. Більшість респондентів вважають, що ЄС, державам-членам та компаніям необхідно вжити заходів для подолання цих наслідків впливу технологій [404]. На вирішення останніх завдань спрямовані програми розвитку цифрової грамотності, цифрових навичок та дослідницькі програми у галузі цифрових технологій, такі, як, наприклад, коаліція "Цифрові навички та професії" (*The Digital Skills and Jobs Coalition*, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/digital-skills-jobs-coalition>).

Отже, аналіз європейських ініціатив в галузі цифровій трансформації показав, що дії ЄС в цілому спрямовані на розвиток цифрової інфраструктури

та цифрових навичок громадян, що, за прогнозами, надасть Європі економічні, політичні та соціальні переваги. Можливі сценарії майбутнього цифрової трансформації Європи (до 2035 року) [320] ілюструють, що нині процеси цифрової трансформації повинні бути чітко керовані, мати визначені цілі та прозорі кроки.

1.2.6. Узагальнена модель цифрової трансформації

Цифрова трансформація є результатом процесів цифровізації економіки та суспільства. Розвиток цифрових технологій створює як нові можливості, так і нові виклики. Останні пов'язані з такими питаннями:

- на які галузі цифрова трансформація впливає найбільше;
- як цифрова трансформація впливає на ринок праці, підготовку майбутніх фахівців, суспільне життя в цілому;
- які шляхи реалізації цифрової трансформації для різних галузей;
- які кроки необхідно здійснити для цифрової трансформації компаній, виробництва, екосистеми, певної галузі в цілому;
- які зміни в освітніх системах потрібно здійснити для адаптації людей та прискорення їх включення до процесів цифрової трансформації.

Одним із ключових питань впровадження цифрової трансформації є зміни у способі мислення та вимоги до компетентностей фахівців галузей. Перш за все, це пов'язано з розумінням людьми процесів цифрової трансформації та їх здатністю ефективно використовувати цифрові технології.

Для визначення рівня обізнаності українських освітян з процесами цифрової трансформації автором було проведено діагностичне опитування, в якому взяло участь 78 українських освітян (у 2020 році). Онлайн опитування було розроблено за допомогою Google Forms (українською мовою) й містило запитання про процеси цифрової трансформації в суспільстві та освіті.

Дані про рівень обізнаності українських освітян щодо процесів цифрової трансформації наведено на рис. 1.17 – рис. 1.19.

З.: Як Ви розумієте цифрову трансформацію?

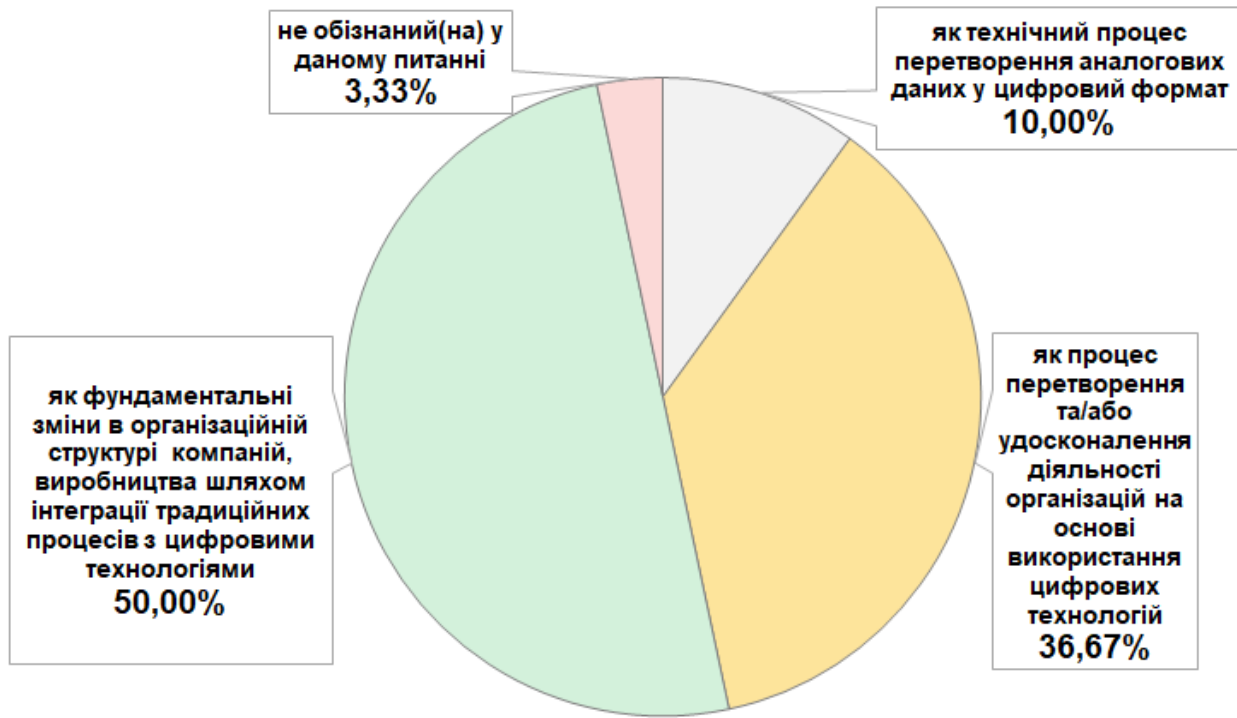


Рис. 1.17. Відповіді на запитання стосовно розуміння цифрової трансформації

(Ресурс: власна розробка)

Як видно з рис. 1.17, найбільша група респондентів (50%) розуміє цифрову трансформацію правильно. У той же час близько 37% освітян визначили цифрову трансформацію як процес трансформації та/або вдосконалення діяльності організацій за допомогою цифрових технологій (цифровізація); 10% респондентів визначили цифрову трансформацію як оцифровування. Це означає, що існує потреба у підвищенні рівня обізнаності опитаних з питань цифрової трансформації.

З.: Чи є питання цифрової трансформації пріоритетом в Україні, визначеним на державному рівні?

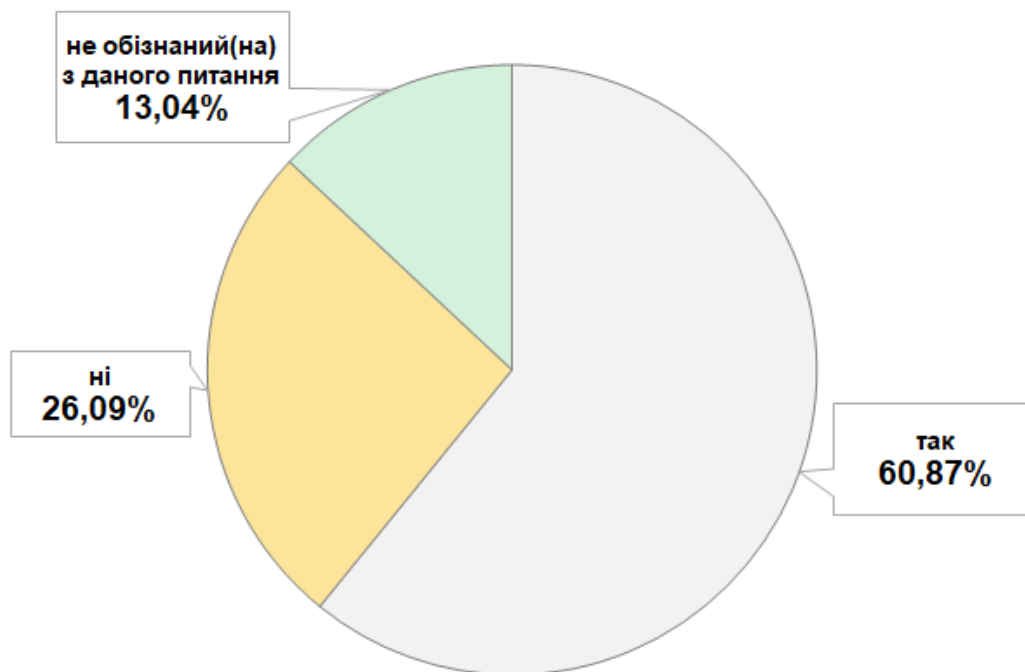


Рис. 1.18. Відповіді на запитання щодо обізнаності респондентів щодо того, чи є цифрова трансформація пріоритетом, визначеним на національному рівні в Україні

(Ресурс: власна розробка)

З рис. 1.18 видно, що, незважаючи на те, що більшість респондентів обізнані у даному питанні (майже 61%), значний відсоток респондентів (39%) не знає, чи є цифрова трансформація пріоритетом, визначеним на національному рівні України чи ні. Це означає, що існує потреба у розповсюдженні зазначених питань на національному рівні, наприклад, введення цих питань у складову підготовки та перепідготовки фахівців, особливо для освітян.

3.: Що, на Вашу думку, є передумовами для цифрової трансформації суспільства? (сумарна кількість відповідей може становити більше 100%, оскільки у запитанні був можливий вибір кількох відповідей)

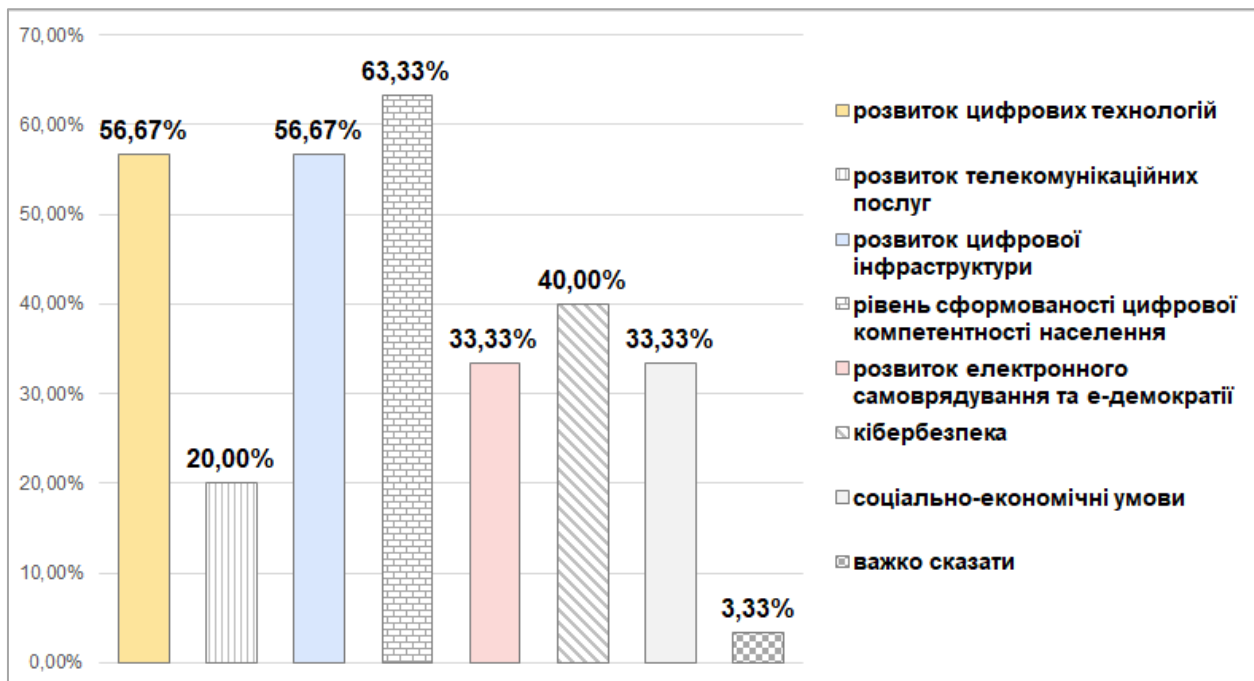


Рис. 1.19. Відповіді на запитання щодо обізнаності респондентів про передумови цифрової трансформації суспільства

(Ресурс: власна розробка)

Як видно з рис. 1.19, найпопулярнішими відповідями є **"розвиток цифрових технологій"** (57%), **"розвиток цифрової інфраструктури"** (57%) та **"рівень сформованості цифрової компетентності населення"** (63%). Це означає, що респонденти правильно визначили основні потреби в цифровій трансформації. Але громадяни також повинні знати й про складові цифрової трансформації, такі як кібербезпека, телекомунікаційні послуги, розвиток електронного уряду, електронної демократії тощо.

3.: Які кроки для здійснення цифрової трансформації є найважливішими, на Вашу думку?

Найпопулярнішими відповідями на це запитання були: **"розробка стратегії цифрової трансформації"**, **"забезпечення кібербезпеки"** і **"формування нової культури мислення працівників"**. Наступними за значимістю були такі відповіді: **"цифровізація процесів певної галузі"**, **"перекваліфікація і підвищення кваліфікації працівників"** та **"впровадження**

цифрових інструментів у діяльність певної галузі". Це означає, що громадяни мають загальне уявлення про кроки процесів цифрової трансформації.

Таким чином, відповідно до проведеного дослідження можна зробити висновки про необхідність підвищення рівня обізнаності громадян України про процеси цифрової трансформації в цілому. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є розробка моделі цифрової трансформації та впровадження її в компанії, виробництва, екосистеми, промисловість, освіту тощо.

На сьогодні актуальним питанням численних досліджень науковців, економістів, фахівців державної й соціальної галузі та ін. є побудова концепцій і моделей цифрової трансформації, завдяки яким можна буде визначати стратегії цифрової трансформації та шляхи їх реалізації. Подібні дослідження з питань цифрової трансформації різних галузей на сьогодні активно проводять такі науковці, як Дж. Буман, М.К. Петер (*загальні дослідження*); М.В. Уїлдан, А.І. Умрі, Н.У. Хашим, А.Р.А. Далан (*економіка, бізнес*); Дж. М. Павловські, А. Роф, А. Бікфальві, П. Маркус, Т. Мулук, Д. Нгуєн (*освіта*); І. Мергель, Н. Едельман, Н. Хауг (*державне управління*) та ін.

Аналізуючи вплив цифрових технологій на розвиток суспільства, багато дослідників [278; 395; 422; 503; 505] розглядають і порівнюють моделі цифрової трансформації та їх складові, за якими можна визначити напрями реалізації власне цифрової трансформації.

На основі аналізу розглянутих досліджень [278; 395; 402; 408; 422; 442; 491; 505; 518] і проведеного опитування автором даного дослідження запропоновано загальну модель цифрової трансформації (рис. 1.20):



Рис. 1.20. Узагальнена модель цифрової трансформації

(Ресурс: власна розробка)

Як видно з рис. 1.20 головними складовими даної моделі є:

1. Причини, що призводять до необхідності цифрової трансформації галузі (вплив цифрових технологій, нові сервіси, нові вимоги до життя в цифровому суспільстві, тощо).
2. Використання цифрових технологій для зміни бізнес-процесів в галузі для підвищення її ефективності.
3. Підготовка працівників, роботодавців, населення в цілому до життя в нових соціально-економічних умовах (зміна культури, способу мислення, умінь, навичок, взаємовідносин), розвиток їх цифрових компетентностей.
4. Ефективне використання існуючих даних, в тому числі на основі сучасних інструментів їх аналізу з елементами штучного інтелекту і використанням аналітики масивів великих даних.
5. До основних результатів цифрової трансформації належать нові продукти, сервіси, політика, ринок, середовище і розвиток цифрового суспільства в цілому.

1.2.7. Законодавчі ініціативи України в галузі цифрової трансформації

На сучасному етапі розвитку суспільства цифрова трансформація стає основою світового економічного розвитку, що надає переваги як споживачам, так і бізнесу, які адаптуються до технологічних змін. Серед багатьох інших країн Україна також розробляє стратегію цифрової трансформації, спрямовану на підтримку сталого економічного зростання та підвищення продуктивності економіки в цілому.

Для того, щоб оцінити готовність України до цифрової трансформації загалом та до трансформації освіти зокрема, наведемо рейтинги нашої держави за результатами глобальних звітів з розвитку ІКТ та цифрових технологій за останні роки.

До характеристик, за якими оцінюють розвиток цифрових технологій в країні, рівень їх впливу, глибину цифрової трансформації в країні належать:

- індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (*ICT Development Index*);
- індекс мережної готовності (*Network Readiness Index*);
- світовий рейтинг цифрової конкурентоспроможності (*World Digital Competitiveness Ranking*).

Наведемо рейтинги України за цими показниками.

Індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (ICT Development Index - IDI) - показник, за яким характеризуються досягнення країн світу з точки зору розвитку ІКТ. Був розроблений у 2008 році Міжнародним союзом електрозв'язку (*International Telecommunication Union - ITU*). Спочатку IDI розраховувався на основі 11 показників, а з 2018 року – на основі 14, до яких належать [70; 490]:

- доступ до ІКТ, в тому числі під'єднання до інтернету;
- використання ІКТ, в тому числі інтернету;
- навички роботи з ІКТ.

У 2017 році за індексом розвитку ІКТ Україна займала 79 місце серед 176 країн. У 2018 та 2019 роках у зв'язку із змінами підходів до обчислення індексу дослідження з визначення IDI країн не проводились. У 2014 році індекс розвитку ІКТ також не визначався.

В таблиці 1.4 наведено індекси розвитку ІКТ України за 2010-2017 роки (крім 2014 року):

Таблиця 1.4

Індекси розвитку ІКТ України за 2010-2017 роки

Рік	Індекс України	Кількість країн, що брали участь у дослідженні
2017	79	176
2016	78	175
2015	79	167
2013	73	166
2012	68	157
2011	69	157
2010	65	155

(Ресурс: власна розробка на основі джерел [498])

На основі даних таблиці 1.4 видно, що рейтинг України за IDI поступово опускається. Причиною цього може бути відсутність до недавнього часу системної національної політики до впровадження цифрових технологій у різні галузі суспільної діяльності українців, в тому числі, у програми розвитку цифрової грамотності та цифрових компетентностей населення.

Індекс мережної готовності (Network Readiness Index – NRI) – один з провідних світових показників, який показує рівень застосування цифрових технологій та їх вплив на світові економіки країн.

Індекс мережної готовності (NRI) вперше був опублікований у 2002 році. В цілому він характеризує вплив ІКТ на суспільство та розвиток країн.

За NRI визначається спроможність країни використовувати ІКТ шляхом оцінювання рівня готовності до впровадження та використання ІКТ серед населення, бізнесу, влади, а також загального впливу ІКТ на економіку та суспільство в цілому.

NRI розраховується на основі 4-х характеристик, які, в свою чергу, визначаються за 62 критеріями [499]:

- технології;
- люди;
- управління;
- вплив.

Модель індексу мережної готовності показано на рис. 1.21:

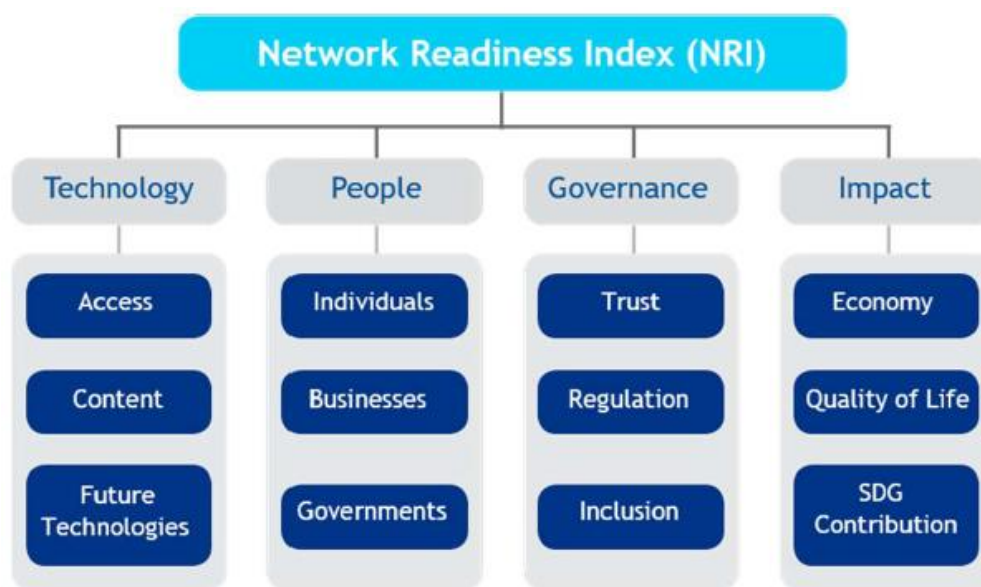


Рис. 1.21. Модель індексу мережної готовності

(Ресурс: за даними з джерела [499], (дата звернення 13.04.2020))

За індексом мережної готовності економіка України займає 67 місце із 121 країн, що брали участь в дослідженні 2019 року [499]. На рис. 1.22 показано загальний індекс України за 2019 рік та індекси за 4-ма основними характеристиками (технології, люди, управління, вплив):

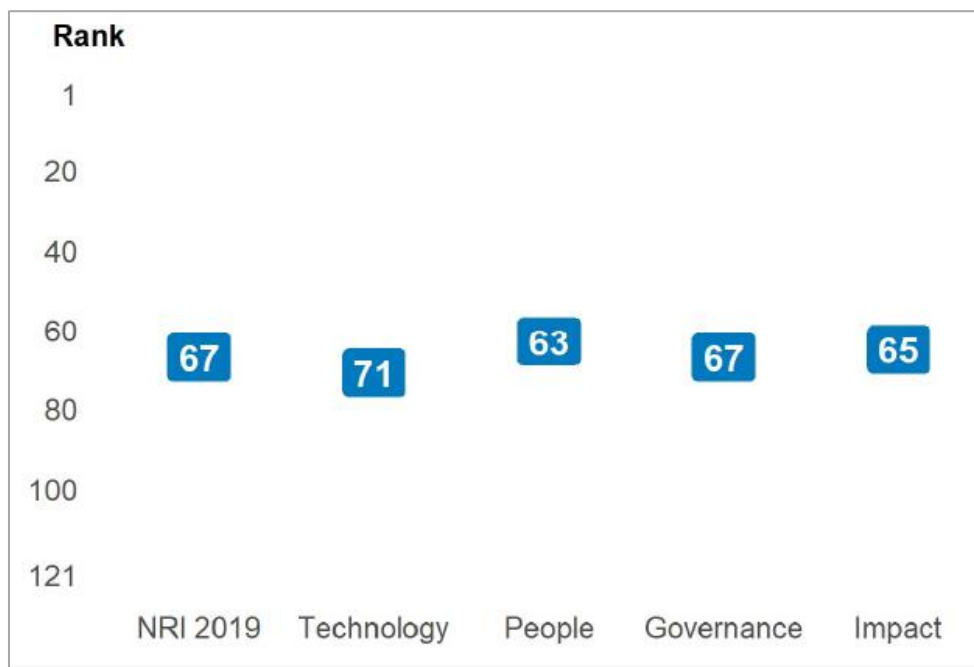


Рис. 1.22. Індекси мережної готовності України в 2019 році (загальний і за основними характеристиками)

(Ресурс: за даними з джерела [499], (дата звернення 13.04.2020))

У додатку Б (табл. Б.1) наведено індекси мережної готовності України за 2010-2019 роки, які показують поступове підвищення рейтингів України за NRI.

Світовий рейтинг цифрової конкурентоспроможності (*World Digital Competitiveness Ranking - WDRC*) був заснований у 2017 році Міжнародним інститутом розвитку менеджменту (*International Institute for Management Development – IMD*), Швейцарія [363]. За WDRC оцінюється ступінь впровадження цифрових технологій в певній країні серед 63 країн світу. Рейтинг показує готовність держави до трансформації урядових процесів, бізнес-моделей та суспільства в цілому.

WDCR визначається за трьома основними факторами:

- знання – для виявлення рівня розуміння та принципів функціонування нових технологій;
- технології – для оцінювання загального рівня розвитку цифрових технологій в країні;

- рівень готовності здійснювати цифрову трансформацію та використовувати ці досягнення для розвитку країни.

У 2019 році лідируючі позиції за цим рейтингом займали США (1 місце), Сінгапур (2 місце) і Швеція (3 місце). Україна займає 60 місце в рейтингу з 63 країн, які брали участь у дослідженні (рис. 1.23):

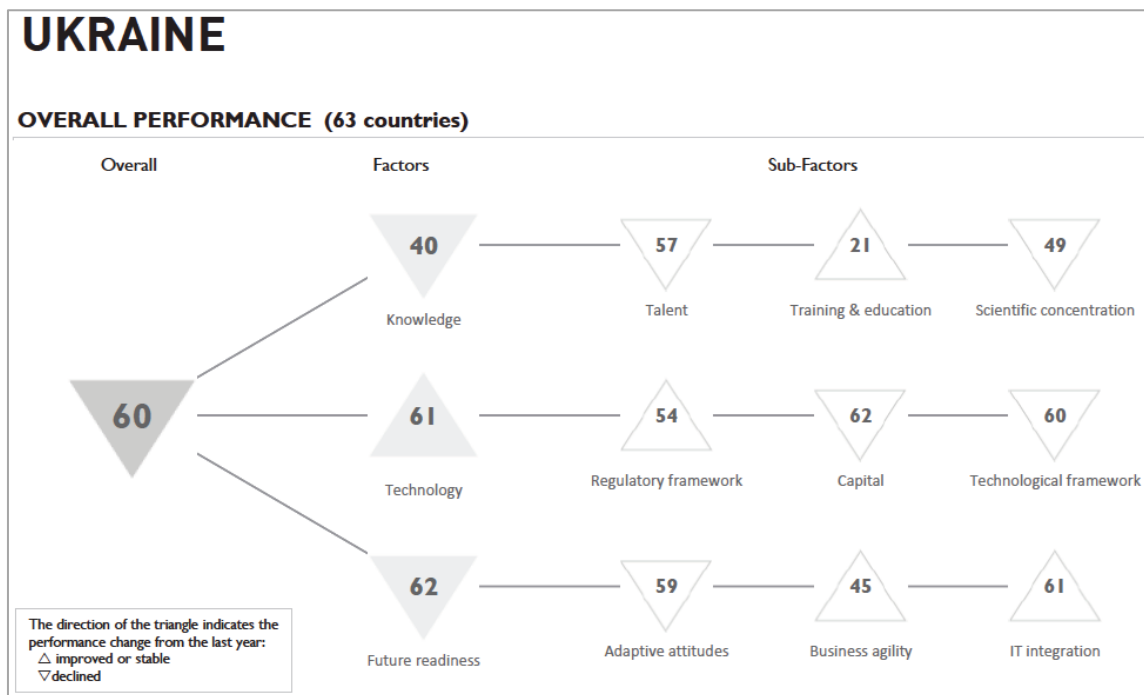


Рис. 1.23. Світовий рейтинг цифрової конкурентоспроможності України в 2019 році

*(Ресурс: за даними IMD World Digital Competitiveness Ranking 2019 [363],
 (дата звернення 13.04.2020))*

У додатку Б (табл. Б.2) наведено рейтинги цифрової конкурентоспроможності України за 2017-2019 роки, які показують, що цей рейтинг є поки що достатньо низьким.

На думку В.М. Бабаєва, Г.В. Стадника, Т.В. Момот [9, с. 5], причинами досить низьких позицій України у розглянутих рейтингах можуть бути низький рівень використання ІКТ урядом, низька ефективність законотворчих органів та органів судової системи, проблеми із захистом інтелектуальної власності, недостатній рівень використання технологій бізнесом та ін.

Однак, за останні роки були зроблені певні кроки для створення в нашій країні підґрунтя для цифрової трансформації.

Україна також визначила цифрову трансформацію як пріоритетну політику для розвитку цифрової економіки та становлення цифрового суспільства в цілому. Передумовою для цього було створення в 2014 році при Міністерстві економічного розвитку і торгівлі України *департаменту цифрової економіки*, до головних завдань якого належали розвиток широкосмугового доступу до інтернету, створення інформаційного суспільства, широке впровадження електронних адміністративних послуг, підтримка інвестицій в інновації та Startup, а також нові стандарти навчання цифрових навичок.

За останні роки в цьому напрямі зроблено ряд важливих кроків, а саме прийнято відповідні документи, до яких належать:

- ініціатива EU4Digital між ЄС та Східними країнами-сусідами ЄС, 2016 рік;
- проєкт "Цифрової адженди України – 2020" (або "Цифрового порядку денного - 2020"), 2016 рік;
- Концепція розвитку цифрової економіки і суспільства України на 2018-2020 роки, 2018 рік;
- створення Міністерства цифрової трансформації України, 2019 рік.

Ініціатива EU4Digital офіційно стартувала в 2016 році. Програма спрямована на розширення Єдиного цифрового ринку ЄС на Східні країни-сусіди ЄС (Азейбарджан, Білорусь, Вірменія, Грузія, Молдова, Україна), розвиток потенціалу *цифрової економіки та суспільства* для забезпечення економічного зростання, створення нових робочих місць, поліпшення життя людей і допомоги бізнесу.

Ініціатива ЄС EU4Digital підтримує програму цифрових реформ в Україні, пропонуючи ряд заходів з просування ключових галузей цифрової економіки і суспільства у відповідно до європейських норм і практик.

В рамках цієї ініціативи ЄС підтримує зниження тарифів на роумінг, розвиток високошвидкісного широкосмугового зв'язку для стимулювання економіки і розширення електронних послуг, скоординованої кібербезпеки, підвищення кваліфікації та створення робочих місць в цифровій індустрії та ін. [73].

Центральним елементом ініціативи EU4Digital є трирічна програма "*EU4Digital: Підтримка цифрової економіки і суспільства в Східному партнерстві*" (2019-2022 рр.), що фінансується ЄС і спрямована на підтримку в таких галузях:

- телекомунікації;
- безпека;
- електронна торгівля;
- **інновації у галузі ІКТ;**
- охорона здоров'я на основі широкого використання цифрових технологій;
- **цифрові навички.**

Інновації у галузі ІКТ - один з основних напрямів діяльності програми EU4Digital в галузі ІКТ-інновацій, що сприяє створенню загальної законодавчої бази з ІКТ-інновацій в регіоні Східного партнерства та їх розвитку на основі норм і передової практики ЄС [235].

До пріоритетних напрямів програми у галузі розвитку *цифрових навичок* належать:

- цифрові навички для громадян;
- цифрові навички для фахівців у галузі ІКТ;
- цифрові навички для працівників, не пов'язаних з ІКТ;
- цифрові навички в освіті (для педагогів, молоді та студентів).

Проєкт "Цифрової адженди України - 2020" (або "*Цифрового порядку денного - 2020*") був розроблений у 2016 році. В документі розглянуто принципи розвитку України в цифровому просторі, що є основою для розвитку цифрової економіки.

Для реалізації цього визначено ключові політики, першочергові сфери, ініціативи та проекти цифровізації таких галузей в Україні, як [163]:

- *освіта*;
- інфраструктура;
- економіка;
- державне управління;
- суспільно-економічна сфера (в тому числі охорона здоров'я).

Відповідно до проекту "Цифрова адженда України - 2020" ("Цифровий порядок денний - 2020") для розвитку цифрової економіки необхідні фахівці, які вміють працювати з сучасними цифровими технологіями, тобто мають цифрові навички і компетентності. Для реалізації цього необхідний системний підхід до формування зазначених навичок у населення взагалі, й в освітян зокрема. У проекті запропоновано стратегії розвитку цифрових навичок і компетентностей для українських громадян [163].

Крім того, у документі розглянуто підходи й шляхи цифровізації середньої освіти, охарактеризовано проблеми впровадження цифрових технологій в заклади середньої освіти.

Концепція розвитку цифрової економіки і суспільства України на 2018-2020 роки спрямована на реалізацію ініціатив "Цифрового порядку денного України - 2020" для цифрової трансформації України у найбільш перспективних галузях.

В документі визначено ключові політики, ініціативи та проекти цифрових трансформацій різних галузей України [159]:

- розвиток цифрової інфраструктури (доступ до широкопasmового інтернету всією територією України);
- шляхи подолання "цифрового розриву" (нерівність, пов'язана з різними можливостями доступу до використання цифрових технологій);
- умови розвитку цифрових компетентностей населення;

- умови реалізації проєктів цифрової трансформації різних галузей (громадська безпека, *освіта*, охорона здоров'я, екологія та охорона навколишнього середовища, життєдіяльність міст, державне управління та ін.).

Відповідно до Концепції розвитку цифрової економіки і суспільства України на 2018-2020 роки основними напрямками цифровізації освіти, а в подальшому її цифрової трансформації, є [159]:

- створення освітянських ресурсів і цифрових платформ з підтримкою мультимедійного контенту для загального доступу закладів освіти та учнів, зокрема інструментів автоматизації процесів роботи навчальних закладів;
- розробка, впровадження інноваційних комп'ютерно орієнтованих засобів навчання та обладнання для створення цифрового навчального середовища (мультимедійні класи, науково-дослідні STEM-центри, лабораторії, інклюзивні класи, класи змішаного навчання);
- організація широкопasmового доступу до інтернету учнів та студентів у навчальних класах та аудиторіях в закладах освіти всіх рівнів;
- розвиток дистанційної форми навчання.

Важливим кроком для розвитку цифрових технологій в нашій країні було створення в 2019 році *Міністерства цифрової трансформації України* (<https://thedigital.gov.ua>).

Для визначення цифрових навичок українців Міністерством цифрової трансформації України в 2019 році було проведено дослідження "Цифрова грамотність населення України" [232]. За результатами дослідження виявлено, що 53% українців володіють цифровими навичками нижче базового рівня. Це говорить про необхідність розробки механізмів підвищення цифрової грамотності населення.

Однак, за останній час цифрові технології стали невід'ємною складовою життя українців. Підтвердженням цього є статистичні дані порталу *Datareportal* за січень 2020 року [308; 316], рис. 1.24, рис. 1.25:

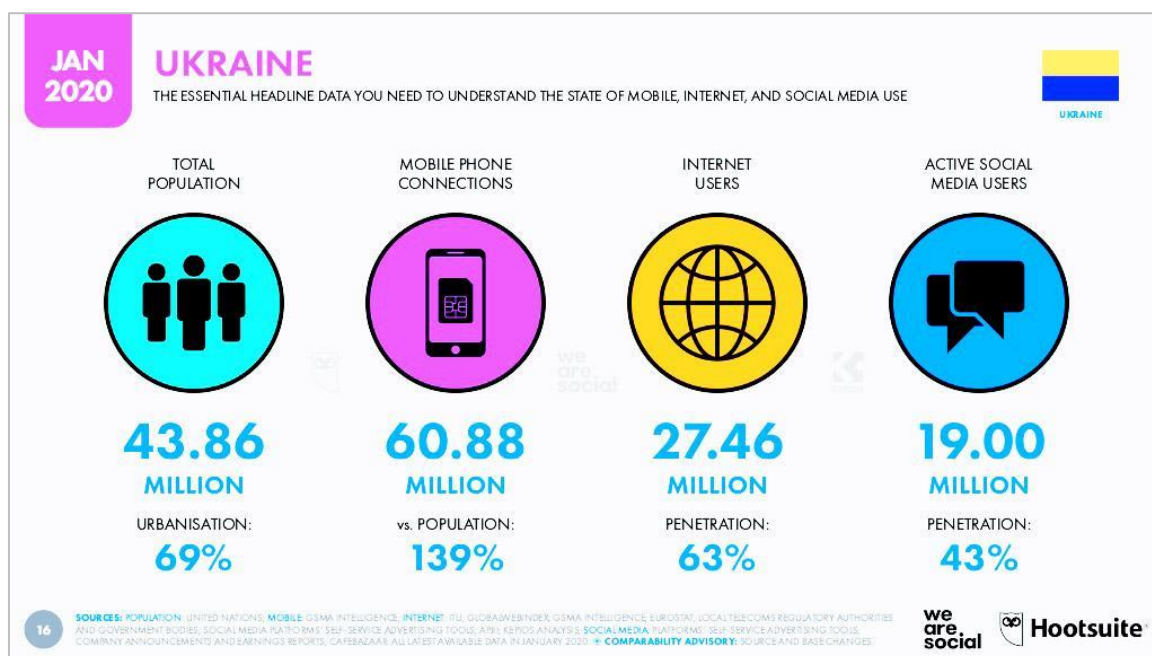


Рис. 1.24. Статистичні дані використання цифрових технологій в Україні (Ресурс: за даними з джерела [308], URL: <https://datareportal.com/reports/digital-2020-ukraine>, (дата звернення 01.04.2020))

З рис. 1.24 видно, що серед майже 44 млн. чоловік населення України близько 27,5 млн. чоловік є користувачами інтернету (63%). При цьому активними користувачами соціальних медіа є 19 млн. українців, що складає майже половину населення нашої держави (43%). Цікавим фактом є той, що українці використовують майже 61 млн. мобільних пристроїв, тобто в цілому на одну людину приходиться більше одного мобільного пристрою.

На рис. 1.25 показано динаміку змін використання цифрових технологій українцями у період з січня 2019 року по січень 2020 року, а саме збільшилась кількість користувачів інтернету (на 5,7% – близька 1,5 млн. чол.) та кількість активних користувачів соціальних медіа (на 8,3% – близька 1,5 млн. чол.):

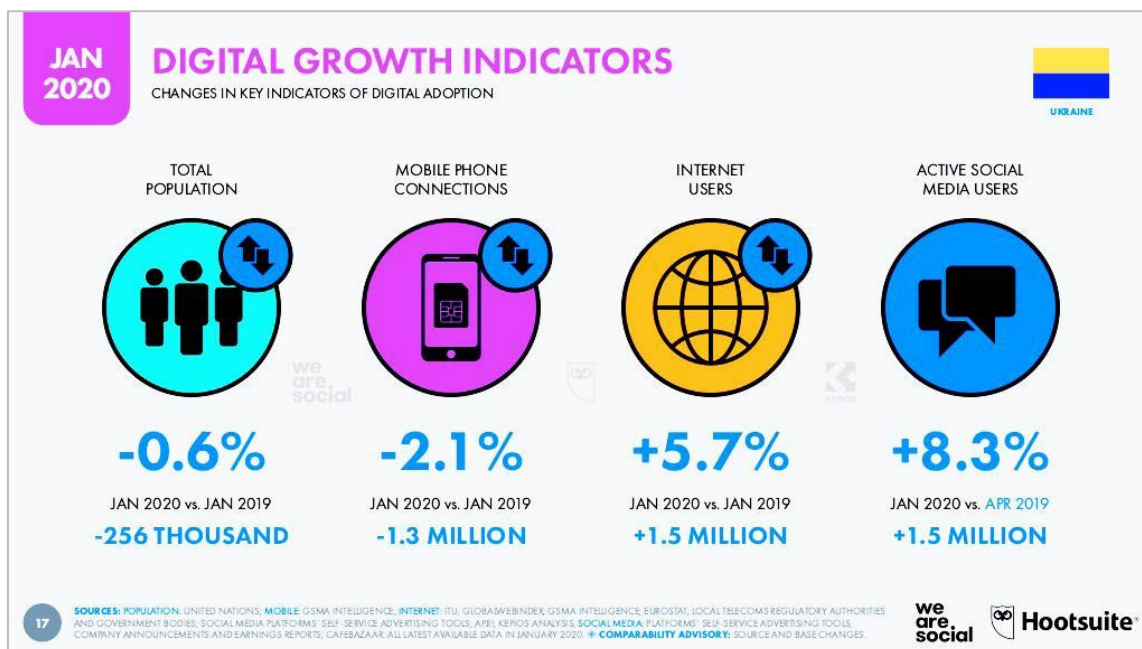


Рис. 1.25. Динаміка змін використання цифрових технологій в Україні
(Ресурс: за даними з джерела [308], URL: <https://datareportal.com/reports/digital-2020-ukraine>, (дата звернення 01.04.2020))

Для захисту дітей від загроз при роботі в інтернеті розроблено проєкт "Національної стратегії захисту дітей в цифровому середовищі на 2021-2026 роки". Основною метою розробки зазначеної стратегії є забезпечення прав і свобод дітей, їх захист від будь-яких форм насильства, експлуатації та зловживань в цифровому середовищі [162].

До подальших планів України з трансформації уряду належать:

- зміна державних процесів шляхом впровадження ІКТ та цифрових технологій;
- вдосконалення системи управління міністерствами з використанням ІКТ та цифрових технологій.

Спрямовані заходи не тільки сприятимуть підвищенню рейтингів України на міжнародній арені, а й розвитку цифрової економіки і формуванню цифрового суспільства у нашій державі в цілому.

1.3. Теоретичний аналіз проблем трансформації освіти в умовах розвитку цифрового суспільства

1.3.1. Ініціативи країн ЄС у галузі трансформації освіти

Процеси цифрової трансформації різних галузей діяльності суспільства призводять до необхідності формування нових навичок та компетентностей фахівців, зокрема пов'язаних з уміннями працювати з цифровими технологіями, а саме *цифрових навичок і компетентностей* [205]. Тому ініціативи різних країн у галузі цифрової трансформації є підґрунтям для модернізації їх освітніх систем.

Дослідження у галузі формування та розвитку цифрових навичок і компетентностей фахівців різних професій інтенсивно проводяться в багатьох країнах світу [120; 296; 341; 342; 377; 410; 423; 430].

У дослідженні А. Ферарі [194], який є одним з розробників структури цифрових компетентностей DIGCOMP в ЄС (DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe [342]), під *цифровою компетентністю* розуміється "впевнене, критичне та творче використання ІКТ для досягнення цілей, пов'язаних з роботою, навчанням, дозволяям, участю в суспільстві. Цифрова компетентність – це ключова компетентність, наявність якої сприяє формуванню та розвитку інших ключових компетентностей".

В Європі *цифрова компетентність* визначена парламентом ЄС ще у 2006 році як одна з 8 ключових компетентностей, важливих для життя кожної людини в інформаційному суспільстві (Recommendation 2006/962/EC of the EU Parliament and of the Council of 18 December 2006, Official Journal L 394 of 30.12.2006). А саме, у рекомендаціях ЄС щодо ключових компетентностей для неперервного навчання *цифрова компетентність* "передбачає впевнене та критичне використання ІКТ для роботи, дозволя та спілкування" [430, с. 15-16]. Для цього необхідно мати такі основні навички роботи з ІКТ, як використання комп'ютерів та інших комп'ютерних пристроїв для пошуку,

оцінювання, зберігання, створення, подання та обміну даними, а також уміння спілкуватися й працювати із сервісами інтернету для спільного застосування.

З розвитком цифрового суспільства, економіки, виробництва, процесами трансформації багатьох галузей людської діяльності Єврокомісією в 2018 році було переглянуто та уточнено структуру ключових компетентностей, затверджених у 2006 році.

В оновленій структурі ключових компетентностей для неперервного навчання цифрова компетентність також є (Council Recommendation of 22 May 2018 on key competences for lifelong learning, OJ C 189, 04.06.2018). При цьому зроблені відповідні уточнення з урахуванням розвитку цифрових технологій [296, с. 9-10], а саме *цифрова компетентність* "передбачає впевнене, критичне та відповідальне використання цифрових технологій для навчання, роботи й життя в суспільстві". Вона включає:

- інформаційну грамотність;
- медіаграмотність;
- опрацювання даних з використанням цифрових технологій;
- комунікацію та співпрацю з використанням цифрових технологій;
- уміння створювати цифровий контент, включаючи програмування;
- інформаційну безпеку;
- обізнаність в питаннях інтелектуальної власності;
- уміння вирішувати проблеми з використанням цифрових технологій;
- уміння критично мислити.

При цьому люди повинні розуміти загальні принципи та механізми, що лежать в основі цифрових технологій; знати основні функції та принципи використання різних пристроїв, програмного забезпечення, комп'ютерних мереж, в тому числі для соціального включення, співпраці з іншими людьми, розвитку творчості для досягнення особистих, соціальних або комерційних цілей; критично та обґрунтовано ставитись до достовірності та впливу

різноманітних даних; бути обізнаними з правовими та етичними принципами, пов'язаними з використанням цифрових технологій.

Високий рівень сформованості цифрових навичок та компетентностей надає можливість людям використовувати дані, добирати та оцінювати їх; створювати цифровий контент, в тому числі на основі програмування, а також вміти користуватись сучасним програмним забезпеченням та пристроями, що працюють на основі штучного інтелекту, зокрема роботами.

Таким чином, цифрова компетентність є однією з найважливіших у сучасному суспільстві, в умовах якого технологічні інновації змінюють ринок праці, знання, уміння, навички, компетентності, необхідні для життя та роботи в цифровому суспільстві.

Цифрові технології є невід'ємною частиною сучасного освітнього процесу, тому формування цифрових компетентностей у громадян, підвищення рівня їх сформованості на всіх етапах освіти є важливим завданням сьогодення й стратегічним пріоритетом розвитку будь-якої країни. В свою чергу, це призводить до необхідності цифрової трансформації освіти в цілому.

Розглянемо кроки, які реалізуються в цьому напрямі в країнах ЄС.

Інноваційна, модернізована освіта та підготовка фахівців в умовах цифрової трансформації є ключовими пріоритетами стратегії Європи (Joint Report of the Council and the Commission on the implementation of the strategic framework for European cooperation in education and training, Official Journal C 417/25 of 15.12.2015).

Європейська Комісія працює над кількома ініціативами з метою модернізації освіти, забезпечує фінансування наукових досліджень та інновацій, підтримку і впровадження цифрових технологій у навчання, сприяє цифровізації шкіл. До найважливіших таких ініціатив належать:

1. Стратегічна структура європейського співробітництва в галузі освіти та навчання (Strategic Framework for European Cooperation in Education and Training - ET2020).

2. Політика у галузі ІКТ для трансформації освіти, ЮНЕСКО (Transforming Education: The Power of ICT Policies, UNESCO).
3. DigCompOrg: Європейська структура для цифрово-компетентних освітніх організацій (A European Framework for Digitally-Competent Educational Organisations – DigCompOrg).
4. Цифрова освітня політика в Європі та за її межами: основні принципи розробки (Digital Education Policies in Europe and Beyond: Key Design Principles for More Effective Policies).
5. DigEduPol: Цифрова освітня політика "Огляд та аналіз моделей політики щодо інтеграції та інноваційного використання цифрових технологій в освіті" (Digital Education Policies "Overview and Analysis of Policy Models for the Integration and Innovative Use of Digital Technologies in Education" - DigEduPol).
6. План дії з цифрової освіти (The Digital Education Action Plan (2021-2027)).

Стратегічна структура європейського співробітництва в галузі освіти та навчання (Strategic Framework for European Cooperation in Education and Training – ET2020) розроблена в 2009 році до 2020 року для побудови та впровадження кращих практик і просування реформ освітньої політики на національному та регіональному рівнях країн ЄС з урахуванням підходів до навчання протягом усього життя. До основних цілей розробки структури належать [295]:

- впровадження принципів неперервного навчання та мобільності;
- підвищення якості та ефективності навчання;
- сприяння рівності, соціальній згуртованості та активній громадянській позиції;
- підвищення креативності та інновацій, включаючи підприємництво, на всіх рівнях освіти.

Моніторинг досягнення основних цілей, визначених на основі стратегічної структури європейського співробітництва в галузі освіти та

навчання, проведений у 2019 році, показав, що європейські країни досягли значного прогресу у встановлених структурою орієнтирах. Однак, на основі результатів міжнародної програми з оцінювання навчальних досягнень учнів *PISA (Programme for International Student Assessment)* у 2018 році було визначено, що основною проблемою в освітній галузі залишається функціональна неграмотність близька 20% 15-літніх підлітків Європи, а саме низький рівень володіння базовими навичками грамотності (читання), математики та/або достатніми знаннями з природничих наук [426, с. 6]. Крім того, в країнах ЄС вже існує попит на кваліфікованих професійних вчителів та викладачів, який в найближче десятиліття буде тільки зростати у зв'язку з виходом на пенсію значної кількості досвідчених освітян [329].

Ініціатива *"Політика у галузі ІКТ для трансформації освіти"*, ЮНЕСКО (*Transforming Education: The Power of ICT Policies, UNESCO*) розроблена в 2011 році й спрямована на надання корисної інформації про сучасні виклики та підходи до державної політики у галузі використання ІКТ в освіті. Зокрема, за результатами дослідження запропоновано базову структуру для реалізації політики у галузі ІКТ для трансформації освіти [497].

DigCompOrg

Європейська структура для цифрово-компетентних освітніх організацій (A European Framework for Digitally-Competent Educational Organisations - DigCompOrg) розроблена в 2015 році для використання закладами освіти (початковими, середніми, професійно-технічними школами, а також вищими навчальними закладами).

Основною метою розробки *DigCompOrg* є заохочення закладів освіти до самооцінки в умовах цифровізації навчання, зокрема для управління процесом саморефлексії їх прогресу з питань всебічної інтеграції та ефективного впровадження цифрових технологій у навчальний процес [217].

У дослідженні *"Цифрова освітня політика в Європі та за її межами: основні принципи розробки"* (*Digital Education Policies in Europe and Beyond:*

Key Design Principles for More Effective Policies), опублікованому в 2017 році, представлено рекомендації для розробки політики в галузі цифрової освіти. Зокрема, для розробників пропонуються принципи-орієнтири, які показують, як на національному та регіональному рівні можна сприяти навчанню в цифровому суспільстві [292].

DigEduPol

Метою впровадження ініціативи *"Огляд та аналіз моделей політики щодо інтеграції та інноваційного використання цифрових технологій в освіті"* (*Digital Education Policies "Overview and Analysis of Policy Models for the Integration and Innovative Use of Digital Technologies in Education"* – DigEduPol) є розширення бази знань щодо того, як реалізується політика у галузі цифрової освіти в ЄС та за її межами [312].

Основні результати дослідження *DigEduPol*, яке нині триває, будуть спрямовані на аналіз 40 політичних ініціатив у галузі цифрової освіти, 6 тематичних досліджень та детальний огляд відповідних академічних джерел для надання рекомендацій при розробці нових, адаптації або оновленні існуючих ініціатив у галузі цифрової освіти.

План дії з цифрової освіти на 2021-2027 рр. (The Digital Education Action Plan (2021-2027)) розроблений у 2020 році до 2027 року й спрямований на впровадження, підтримку та використання цифрових та інноваційних практик навчання. Його стратегічними пріоритетами є [479]:

- сприяння розвитку високоефективної цифрової екосистеми освіти;
- підвищення цифрових навичок і компетентностей для цифрової трансформації.

Для реалізації кожного пріоритету в *"Плані дії з цифрової освіти"* визначаються заходи, які сприятимуть досягненню визначених цілей.

До основних заходів, спрямованих на розвиток першого пріоритету, належать: розробка рекомендацій ради ЄС щодо онлайн та дистанційного навчання для початкової та середньої освіти (до кінця 2021 р.); розробка

європейської системи змісту цифрової освіти; підтримка планів цифрової трансформації на всіх рівнях освіти та навчання за допомогою проєктів співпраці Еразмус; підтримка цифрової педагогіки і досвіду у використанні цифрових інструментів для вчителів засобами Erasmus Teacher Academy; впровадження інтернет-інструменту самооцінювання для вчителів (SELFIE для вчителів) та ін.

Для розвитку другого пріоритету планується розробка загальних рекомендацій для вчителів та освітніх працівників для сприяння цифровій грамотності і боротьбі з дезінформацією шляхом освіти та навчання; оновлення європейської структури цифрових компетентностей (*The Digital Competence Framework 2.0*) – включення в структуру навичок, пов'язаних із штучним інтелектом і масивами великих даних; створення європейського сертифікату цифрових навичок (*EDSC – European Digital Skills Certificate*); розробка рекомендацій ради ЄС щодо вдосконалення надання цифрових навичок в освіті та навчанні; заохочення жінок до участі у STEM та ін.

"План дії з цифрової освіти" є підґрунтям для створення до 2025 року *Європейського освітнього простору (European Education Area)*.

В ЄС діють програми, спрямовані на модернізацію освіти в цілому, на оновлення змісту навчання на різних рівнях освіти, підтримку досліджень у галузі впровадження ІКТ в навчальний процес. Зокрема, до найважливіших таких ініціатив належать:

1. Дослідження та інновації у галузі ІКТ в освіті (Research and Innovation for ICT in education).
2. Відкритість освіти (Opening up Education).
3. Удосконалення та модернізація освіти (Improving and Modernising Education).
4. Відкритість освіти: структура для підтримки вищих навчальних закладів (Opening up Education: A Support Framework for Higher Education Institutions - OpenEdu).

5. Впровадження ІКТ в шкільну освіту та цифровізація європейських шкіл.

Програми з дослідження та інновацій у галузі ІКТ в освіті (*Research and Innovation for ICT in education*) підтримуються та фінансуються в ЄС з 2007 року. Зокрема, до таких програм належать "Горизонт 2020" (Horizon2020) та "Еразмус+" (Erasmus+), розраховані на 2014-2020 роки.

Багато європейських освітян та учнів залучені до проєктів, що фінансуються програмою "Горизонт 2020" і стосуються інновацій в освіті, а саме [317; 436]:

Ініціатива "*Відкритість освіти*" (*Opening up Education*) прийнята в 2013 році й спрямована на впровадження інновацій і розвиток цифрових навичок учасників освітнього процесу в школах та університетах. До основних її напрямів належать [290]:

- створення можливостей для організацій, освітян та учнів для використання інноваційних технологій;
- сприяння використанню відкритих освітніх ресурсів (*Open Educational Resources – OER*) із забезпеченням гарантій вільного доступу до всіх навчальних матеріалів, виготовлених за державні кошти;
- розвиток ІКТ-інфраструктури у школах, зокрема їх під'єднання до інтернету.

Програма з "*Удосконалення та модернізації освіти*" (*Improving and Modernising Education*) прийнята в ЄС у 2016 році. До ключових положень зазначеного документу належать [364]:

- визначення якісної освіти як стратегічного пріоритету для економічного розвитку суспільства;
- ефективна підтримка держав-членів ЄС в процесах модернізації шкіл та вищої освіти;
- посилена підтримка держав-членів для реалізації реформ з підвищення ефективності освітніх систем.

OpenEdu

Ініціатива "Відкритість освіти: структура для підтримки вищих навчальних закладів" (*Opening up Education: A Support Framework for Higher Education Institutions – OpenEdu*) розроблена в 2016 році й базується на принципах відкритої освіти (*Open Education*). У структурі пропонується визначення терміну "відкрита освіта", а також розглянуто 10 її аспектів.

Метою розробки даної ініціативи є сприяння співпраці та обміну практиками між вищими навчальними закладами [210].

Відкритість освіти є стратегічним пріоритетом модернізації освітніх систем країн ЄС, оскільки це:

- сприяє зменшенню або усуненню бар'єрів (вартість, географія, час, вимоги до вступу тощо) для тих, хто прагне отримати освіту;
- сприяє модернізації вищої освіти в Європі, оскільки сучасна відкрита освіта значною мірою здійснюється за допомогою цифрових технологій;
- відкриває можливості до поєднання неформальної та формальної освіти.

В ЄС розроблено *інструменти для підтримки педагогічних працівників* та інших зацікавлених сторін. До них належать онлайн курси для навчання та підвищення кваліфікації; засоби для самооцінювання; відкриті освітні ресурси, навчальні матеріали (*School Education Gateway*); мережі, включаючи *eTwinning*; електронна платформа для навчання дорослих в Європі (*Electronic Platform for Adult Learning in Europe – EPALe*) та ін.

Для перевірки рівня сформованості цифрових компетентностей для освітян розроблено вільнопоширювані сервіси, на яких кожен бажаючий може пройти самооцінювання [111]:

- ***The Digital Teacher*** (<https://thedigitalteacher.com>) – ресурс Кембріджського університету, створений завдяки спільній роботі із практикуючими вчителями та викладачами англійської мови. Запропоновано шість категорій (цифровий світ, цифровий клас, цифровий вчитель, проектування навчання, навчальний процес, оцінювання навчання), за якими можна оцінити рівень

сформованості власних цифрових компетентностей, а також визначити напрям їх подальшого удосконалення.

- **Digital Skills Accelerator** (<https://www.digitalskillsaccelerator.eu/learning-portal/online-self-assessment-tool>) – інструмент, розроблений відповідно до структури **DigComp** (Європейська структура цифрової компетентності для громадян [282; 195; 276; 290]). Надає можливість визначити рівень сформованості цифрової компетентності. На основі результатів оцінювання можна порівняти власні результати з результатами інших учасників. При цьому надаються рекомендації щодо модулів навчальних курсів, на яких необхідно зосередитися для підвищення рівня власної цифрової компетентності.
- **Digital Competency Wheel** (<https://digital-competence.eu>) – тест, створений на основі європейської структури цифрової компетентності для громадян **DigComp** [148; 342; 481; 508]. Надає можливість оцінити рівень сформованості власної цифрової компетентності з урахуванням таких складових, як пошук та безпека даних, критичне оцінювання, співпраця, навички програмування, моніторинг, уміння створювати і розповсюджувати контент тощо. Після самооцінювання можна отримати рекомендації для підвищення рівня власної цифрової компетентності та підтримку тьюторів, а також порівняти свої результати з іншими опитуваними за гендерною, віковою і професійною ознакою.

School Education Gateway

Шлюз шкільної освіти (School Education Gateway) включає в себе онлайн каталог навчальних матеріалів та можливості для навчання (підвищення кваліфікації) для вчителів [447]. Шлюз шкільної освіти містить:

- публікації, навчальні посібники та навчальні матеріали;
- навчальні матеріали, створені установами ЄС та проекти, що фінансуються ЄС;
- безкоштовні онлайн курси;

- вебінари;
- останні новини та ресурси про політику та практику шкільної освіти в Європі.

eTwinning

Навчальна програма Європейської Комісії "*eTwinning*", спрямована на розвиток співробітництва європейських шкіл за допомогою використання цифрових технологій. Це дозволяє вчителям та учням, зареєстрованим в мережі, реалізовувати спільні проекти разом з європейськими школами. Використання мережі *eTwinning* надає можливості для безкоштовного та постійного професійного розвитку для вчителів онлайн. Загалом, *eTwinning* об'єднує 44 країни-учасниці. На цій платформі зареєстровано близька 207 тис. навчальних закладів, які реалізують більше 105 тис. проектів [90, с. 63].

В рамках *eTwinning* було створено онлайн мережу *eTwinning Plus*, мета роботи якої - залучити до проекту країни-сусіди ЄС в рамках програми "*Європейської політики сусідства*" (*European Neighbourhood Policy*), що сприятиме поглибленню відносин між членами ЄС та сусідніми країнами. На сьогодні до *eTwinning Plus* входять такі країни, як Україна, Грузія, Молдова, Вірменія, Азербайджан, Туніс, Ліван та Йорданія. З України в програмі *eTwinning Plus* взяло участь біля 1 200 шкіл з 24 областей. З найкращими проектами можна ознайомитись на сайті за посиланням <http://www.etwinning.com.ua>.

EPALE

Електронна платформа для навчання дорослих в Європі (Electronic Platform for Adult Learning in Europe – EPALe) – відкрите багатомовне онлайн співтовариство, яке поєднує професіоналів з навчання дорослих у Європі, включаючи освітян та тренерів для дорослих. Метою функціонування платформи *EPALe* є підвищення якості навчання дорослих (<https://epale.ec.europa.eu/en>).

Використання платформи надає можливість учасникам вдосконалювати свої знання, використовуючи наявні на платформі ресурси (публікації, наукові праці, статті блогу та інший контент); обговорювати та обмінюватися думками з колегами з усієї Європи стосовно тем, присвячених освіті дорослих та ін. [205].

Таким чином, в Європі створено умови для підвищення рівня сформованості цифрових компетентностей освітян; розроблено інструменти для підтримки їх професійної діяльності, що сприяє цифровій трансформації освіти в цілому. Ці процеси нині і спостерігаються в країнах ЄС. Наведене вище підтверджує, що цифрова трансформація освіти належить до пріоритетної політики європейських країн.

1.3.2. Модель цифрової трансформації освіти

В умовах розвитку цифрових технологій і цифрової трансформації багатьох галузей людської діяльності, швидкої зміни затребуваних на ринку праці професій та, відповідно, професійних вимог до компетентностей фахівців, освітня діяльність потребує оновлення змісту та методів навчання, пошуку інноваційних форм навчання, розширення доступу до навчальних ресурсів, реалізації можливостей навчання без обмежень за просторовою та часовою ознаками, впровадження нових підходів до організації надання освітніх послуг в цілому [205]. Таким чином, цифрова трансформація освіти є невід'ємною складовою процесів, які нині відбуваються в суспільстві.

Технології відіграють ключову роль не лише у забезпеченні нових способів викладання та навчання, але і в нових бізнес-моделях, необхідних для самої трансформації, яку намагаються здійснювати навчальні заклади [491, с. 8].

Для загальної освіти цифрова трансформація означає якісне підвищення результативності та продуктивності освітньої діяльності за рахунок:

- зміни (оновлення) цілей і змісту освітньої діяльності;

- перегляду і оптимізації навчально-методичних матеріалів та організаційних рішень, інструментів і сервісів, що використовуються в освітній діяльності;
- оновлення організації та методів освітньої діяльності, орієнтування на максимальне розкриття потенціалу кожного учня, переходу від навчання і виховання всіх до навчання і виховання кожного (персоналізоване навчання);
- перегляду традиційних бізнес-процесів, включення в цю роботу всіх стейкхолдерів (перш за все, учнів і вчителів), використання цифрових технологій для автоматизації всіх видів опрацювання інформації.

Як показав аналіз наукових публікацій (див. п. 1.2.6) на сьогодні побудова моделей цифрової трансформації різних галузей є актуальним питанням, але недостатньо розвинутих. Зокрема, в галузі освіти цьому присвячене дослідження [442], в якому детально проаналізовано вплив цифрової трансформації на бізнес-модель традиційних університетів. У роботі [272] розглянуто специфіку цифрової освіти, сучасний стан її впровадження, очікувані результати. Дослідження Navitas Ventures [319] присвячене визначенню лідерів та фасилітаторів змін у галузі цифрової трансформації вищої освіти, а також груп, на які найбільше вплине цифрова трансформація. Подібні дослідження показують необхідність розробки концепції цифрової трансформації освіти в Україні та побудова відповідної моделі.

Актуальність даного питання також підтверджується результатами дослідження для визначення рівня обізнаності українських освітян з процесами цифрової трансформації, розглянутого у п. 1.2.6.

Наведемо окремі результати опитування, що показують рівень обізнаності українських освітян щодо процесів цифрової трансформації в освіті (рис. 1.26).

З.: Що з перерахованого, на Вашу думку, спричинює цифрову трансформацію освіти? (сумарна кількість відповідей може становити більше 100%, оскільки у запитанні був можливий вибір кількох відповідей)

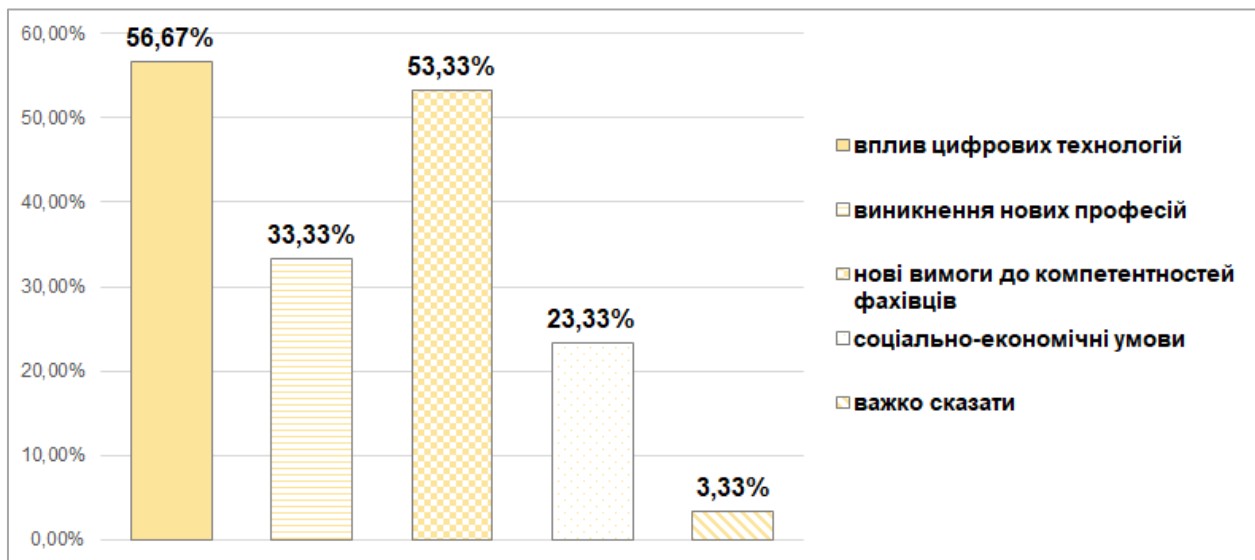


Рис. 1.26. Відповіді на запитання щодо обізнаності респондентів про причини цифрової трансформації освіти

(Ресурс: власна розробка)

З рис. 1.26 видно, що до найвагоміших причин цифрової трансформації освіти респонденти віднесли **"вплив цифрових технологій"** (57%) і **"нові вимоги до компетентностей фахівців"** (53%). В той же час важливість впливу нових професій на процеси цифрової трансформації в освіті оцінили лише 33% учасників, незважаючи на те, що ця причина також виникає під впливом цифрових технологій. В цілому це означає, що українські освітяни розуміють причини цифрової трансформації освіти.

З.: Які кроки, на Вашу думку, необхідно здійснювати для цифрової трансформації освіти? (сумарна кількість відповідей може становити більше 100%, оскільки у запитанні був можливий вибір кількох відповідей)

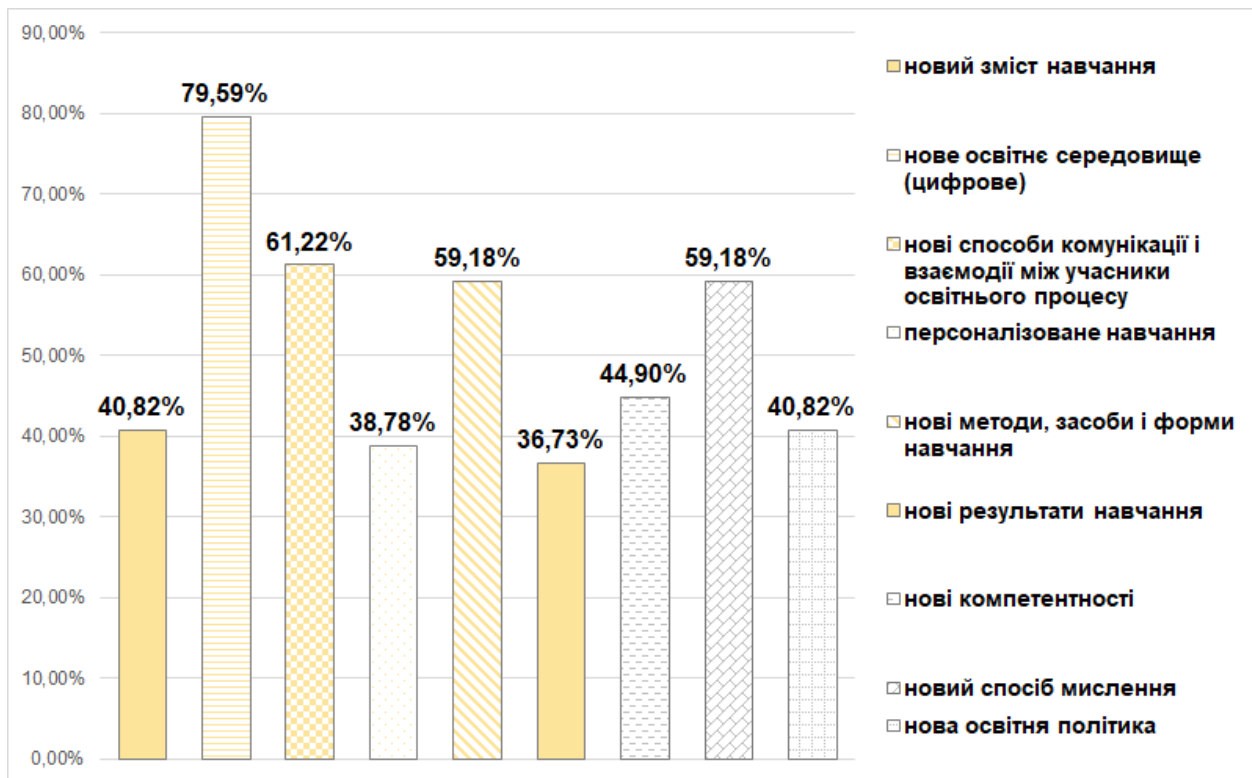


Рис. 1.27. Відповіді на запитання щодо обізнаності респондентів про кроки реалізації цифрової трансформації освіти

(Ресурс: власна розробка)

На думку освітян (рис. 1.27), найважливішими кроками для цифрової трансформації освіти є **"розробка цифрового освітнього середовища"** (84%) і **"розробка стратегії цифрової трансформації закладу освіти"** (82%). 63% опитуваних також вважають, що для цього необхідним є цифровізація освітніх процесів. Це показує, що в цілому, респонденти орієнтуються в напрямках, які потрібно розвивати для цифрової трансформації освіти. Однак, розробка стратегії цифрової трансформації закладу освіти повинна бути ключовою, оскільки вона повинна передбачати реалізацію всіх інших складових.

3.: Що з перерахованого, на Вашу думку, може бути результатами цифрової трансформації освіти? (сумарна кількість відповідей може становити більше 100%, оскільки у запитанні був можливий вибір кількох відповідей)



*Рис. 1.28. Відповіді на запитання щодо обізнаності респондентів стосовно результатів цифрової трансформації освіти
(Ресурс: власна розробка)*

Результати опитування на дане запитання (рис. 1.28) показують, що, на думку респондентів, найвагомим результатом цифрової трансформації освіти повинно бути створення нового цифрового освітнього середовища (80%). Це говорить про розуміння освітян питань щодо необхідності змін існуючого освітнього середовища. Крім того, 61% опитаних зазначає про виникнення в результаті цифрової трансформації освіти нових способів комунікації і взаємодії між учасниками освітнього процесу. Цікавим є те, що значна частина учасників опитування вважають, що у процесі цифрової трансформації освіти будуть змінені методи, засоби, форми навчання (59%) і способи мислення (59%). При цьому лише 41% опитаних вважає необхідним оновлення змісту навчання, а 45% відносять до результатів цифрової трансформації формування нових компетентностей.

Таким чином, відповідно до проведеного дослідження можна зробити висновки про необхідність підвищення рівня обізнаності громадян України про

процеси цифрової трансформації в освіті і необхідність систематизації їх уявлень про ці процеси в цілому. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є розробка моделей цифрової трансформації освіти і цифрової трансформації закладів освіти з їх подальшим впровадженням в освітню політику установ.

Відповідно до побудованої узагальненої моделі цифрової трансформації (див. п. 1.2.6, рис. 1.20) модель цифрової трансформації освіти містить аналогічні складові з урахуванням специфіки галузі.

На рис. 1.29 показана побудована автором узагальнена модель цифрової трансформації освіти:



Рис. 1.29. Модель цифрової трансформації освіти

(Ресурс: власна розробка)

У запропонованій моделі враховано цілі, особливості організації освітнього процесу та умови використання цифрових технологій для розбудови сучасної освітньої екосистеми. Коротко їх охарактеризуємо.

Блок "Процеси":

1. Розвиток цифрової стратегії закладів освіти (розробка, впровадження).
2. Цифровізація.

3. Організація.
4. Оптимізація (наприклад, безпаперовий документообіг).
5. Персоналізоване навчання (*Inquiry Based Learning* – навчання, засноване на дослідженні; *Project Based Learning* – проєктно-орієнтоване навчання).
6. Віртуалізація (віртуальна співпраця, віртуальне спілкування, віртуальна присутність).
7. Аналіз і моніторинг.

Блок "*Люди*" трансформуються в блок "*Освітняни і учні*":

1. Новий спосіб мислення (*computational thinking* – обчислювальне мислення, *design mindset* - дизайнерне мислення, *emotional intelligence* – емоційний інтелект, *social intelligence* – соціальний інтелект).
2. Нові навички та компетентності (цифрові навички та компетентності, гнучкі навички, медіаграмотність, міждисциплінарні компетентності).
3. Культура (інноваційна культура, готовність до змін, ставлення та мотивація до навчання; навчання впродовж життя, неформальне навчання, *agility*).
4. Нові взаємовідносини (партнерство, лідерство).
5. Персоналізація (особистий профіль учня, особисте навчальне середовище, особистий профіль освітянина, особисте середовище освітянина, індивідуальні потреби тощо).
6. Всюдисущність (*ubiquity*) – можливість бути присутнім одночасно на кількох онлайн зустрічах, в кількох середовищах.

Блок "*Технології*" трансформується в блок "*Цифрові технології в освіті*":

1. Використання нових цифрових освітніх інструментів (системи управління контентом, системи управління навчальним контентом, інструменти для відеоконференцій, МООС, цифрові інструменти для оцінювання, мобільні пристрої і засоби для навчання, віртуальна реальність, доповнена реальність, змішана реальність, 3D друкування, роботи в освіті, гейміфікація, інтернет-платформи для освітніх потреб тощо).
2. Інтеграція цифрових технологій.

3. Цифрові середовища (віртуальний кампус, навчальні середовища, віртуальні простори, віртуальні лабораторії, віртуальні класи тощо).
4. Моніторинг / Оцінювання ефективності використання технологій.
5. Кібербезпека.

Блок "*Дані*":

1. Отримання / використання.
2. Видобування даних (даних учнів, на основі яких можна приймати рішення, про ті чи інші освітні стратегії).
3. Захист даних (резервні копії, надійність).
4. Аналітика даних (моніторинг учнів, аналітика діяльності учнів тощо).
5. Зберігання великих даних.

Таким чином, цифрова трансформація освіти має розвиватися за такими напрямками [222]:

- трансформація цілей, змісту та відповідних їм методів і форм освітньої діяльності, які пов'язані з проникненням нових цифрових інструментів в різні сфери людської діяльності;
- освітні заклади мають опанувати нові цифрові інструменти, які підвищують ефективність організації освітнього процесу;
- учні (студенти) мають опанувати нові цифрові інструменти для підвищення ефективності своєї навчальної діяльності, при цьому має розвиватися їх цифрова компетентність;
- вчителі (викладачі) опановують: а) нові цифрові інструменти для підвищення ефективності своєї професійної діяльності; б) зміст, методи і форми освітньої діяльності, які трансформуються у зв'язку із впливом нових цифрових інструментів на різні сфери діяльності людини; в) нові цифрові інструменти, які підвищують ефективність організації освітнього процесу, що також змінюється;

- керівники освіти опановують: а) нові цифрові інструменти, які підвищують ефективність їх професійної діяльності; б) цифрові інструменти, які підвищують ефективність організації освітнього процесу, що змінюється.

Таким чином, до основних результатів цифрової трансформації освіти належать:

- створення сучасного цифрового освітнього середовища для надання рівного доступу до якісних освітніх послуг та ресурсів будь-де, будь-коли з метою підвищення якості освіти;
- цифровізація усіх складових освітнього процесу;
- ефективне використання сучасних цифрових технологій і даних за рахунок розвитку цифрових навичок та компетентностей всіх стейкхолдерів освіти,
- формування в учасників освітнього процесу нових компетентностей, необхідних для успішного життя в цифровому суспільстві.

1.3.3. Цифрова трансформація освіти в Україні: передумови і перспективи

Дослідження з вивчення питань цифрової трансформації різних галузей нашої держави на теперішній час активно проводяться в Україні. Зокрема, різними науковцями значну увагу приділено цифровій трансформації:

- економіки (В.П. Вишневський [234], О.М. Гаркушенко [234], О.В. Данніков [51], А. Длігач [233], С.І. Князев [234], Д.В. Липницький [234], О.І. Піжук [147], К.О. Січкаренко [51], В.Д. Чекіна [234] та ін.);
- промисловості (О.Г. Ткачук [218], І.Г. Яненко [238] та ін.);
- освіти (В.Ю. Биков [18], Н.В. Морзе [126], С.Г. Литвинова [105] та ін.).

Як було зазначено раніше, ключовим ресурсом цифрового суспільства є громадяни, які вміють ефективно і продуктивно використовувати цифрові технології для власних потреб (самореалізації, роботи, відпочинку, навчання, дозвілля), а також для досягнення та реалізації спільних економічних, суспільних та громадських цілей [60]. У зв'язку з цим формування цифрових

навичок і компетентностей українців набуває особливого значення, що неможливо реалізувати без трансформації освіти.

Сьогодні освітні системи багатьох країн світу знаходяться в стані трансформації [126, с. 72]. Освіта має давати впевненість і готовність до змін, робити випускників менш залежним від фактів і знань, здатних швидко навчатися з розвитком новітніх технологій [225, с. 179]. Таким чином, система освіти України потребує змін.

З початком формування інформаційного суспільства в Україні багато дослідників приділяли увагу питанням інформатизації різних галузей. Різні аспекти і проблеми інформатизації освіти розглядаються в працях таких учених, як В.Ю. Биков, А.М. Гуржій, М.І. Жалдак, В.М. Кухаренко, Н.В. Морзе, Ю.С. Рамський, Ю.Г. Запорожченко, О.М. Спірін, М.П. Шишкіна та ін.

На сучасному етапі розвитку цифрового суспільства питання цифровізації освіти, її цифрової трансформації у своїх дослідженнях розглядають такі науковці і практики, як В.Ю. Биков [18], Н.В. Морзе [126], С.Г. Литвинова [105], В.М. Бабаєв [9], О.В. Барна [15], Н.А. Басараба [16], О.Г. Кузьмінська [15], О.Д. Кіндратець [78], Т.В. Момот [9], Н.Б. Пронь [165], Т.Г. Роева [171], О.М. Соколюк [183], Г.В. Стадник [9], С.О. Усенко [225], А.М. Шостя [225], А.В. Яцишин [18] та ін.

В їх роботах розглянуто окремі аспекти цифровізації закладів середньої та вищої освіти; умови для цифрової трансформації навчальних середовищ закладів освіти та проблеми, пов'язаними з цими процесами; питання підготовки наукових та науково-педагогічних кадрів з цифрової трансформації української освіти і науки [205].

Аналіз ініціатив, що реалізуються в нашій державі з питань модернізації освіти показав, що на теперішній час Україна тільки почала робити певні кроки у напрямі цифрової трансформації освіти. Зокрема до них належать:

- Національна стратегія розвитку освіти в Україні на період до 2021 року, 2013 рік [156];
- Концепція впровадження медіаосвіти в Україні, 2016 рік [86];
- Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), 2020 рік [87];
- соціальний проєкт з оновлення шкільного курсу інформатики "ІТ-школяр", 2018 рік;
- проєкт з розробки структури цифрової компетентності педагогічного працівника, 2019 рік [120];
- дослідно-експериментальні роботи всеукраїнського рівня для закладів середньої освіти з питань цифровізації та створення цифрових освітніх середовищ навчальних закладів (наприклад, "Електронний підручник для загальної середньої освіти" (E-book for secondary education - EBSE); "Технологія навчання учнів початкової школи "Розумники" (Smart Kids); використання хмарних технологій в освіті (Cloud services in education) та ін.), [105].

Напрями модернізації освіти багато в чому залежать від потреб ринку праці, який, останнім часом, є дуже динамічним. В умовах швидкого розвитку високих технологій закладам вищої освіти, в першу чергу, педагогічним, необхідно вносити корективи в аспекти своєї діяльності, зокрема, оновлювати зміст підготовки фахівців.

Цифрова трансформація освіти відкриває широкі перспективи для підвищення ефективності навчального процесу, поглиблення професійності освітян. Вимоги до вчителів та викладачів постійно оновлюються і потребують нових, більш складних наборів компетентностей для того, щоб відповідати швидким змінам цифрового суспільства. Стрімке поширення цифрових пристроїв, їх різноманітність, популярність серед учнів і студентів призводить до потреби розвивати цифрову компетентність освітянина [123, с. 33].

Локальні дослідження, проведені автором в 2017 р. [469], 2018 р. [470], 2020 р. [472] серед українських освітян для визначення рівня сформованості їх цифрових навичок та умінь працювати з сучасними цифровими інструментами для ефективного використання в професійній діяльності, в цілому показали недостатній рівень сформованості їх цифрових компетентностей.

На теперішній час дослідження в цій галузі активно проводяться багатьма українськими науковцями і практиками [48; 111; 120; 121; 122; 123; 267; 470]. В них розглянуто різні аспекти удосконалення цифрових компетентностей практикуючих вчителів, викладачів, керівників шкіл і майбутніх учителів.

Однак, наведені вище положення дають підстави зробити висновки про те, що нині цифрова трансформації освіти в Україні знаходиться на етапі становлення. Для її реалізації необхідно здійснити ряд важливих кроків, до яких належать [205]:

- розробка ефективної освітньої політики відповідно до сучасних потреб, в тому числі на законодавчому рівні;
- узгодження української законодавчої бази з питань трансформації освіти з європейськими та світовими ініціативами [9];
- створення технічних умов для використання цифрових технологій та ІКТ в освіті [9];
- трансформація цілей, змісту та відповідних їм методів і форм освітньої діяльності, пов'язаних з проникненням нових цифрових інструментів у різні сфери людської діяльності;
- проектування та розробка цифрових освітніх середовищ закладів освіти різних рівнів;
- модернізація освітніх систем, в тому числі змісту навчання шкільної та університетської освіти з урахуванням сучасних освітніх і технологічних трендів (оновлення існуючих та/або розробка нових освітніх програм, навчальних планів тощо), для підготовки педагогічних кадрів для вищої школи і кваліфікованих фахівців для майбутніх професій;

- підготовка і перепідготовка педагогічних кадрів, в тому числі підвищення рівня сформованості цифрових навичок і компетентностей освітян;
- розробка якісного навчального контенту на основі використання цифрових технологій та з урахуванням принципів інформаційної безпеки всіх учасників освітнього процесу при роботі з комп'ютерними мережами.

Отже, для забезпечення якісного освітнього процесу сучасна система освіти України потребує змін. Важливими кроками для цього є визначення пріоритетних напрямів для розвитку нашої держави з питань цифрової трансформації всіх ланок освіти.

1.3.4. Цифрова трансформація в закладах вищої освіти

Цифрова трансформація впливає на ЗВО. Для університетів це може забезпечити нові послуги і нові можливості для інновацій та підприємництва. ЗВО, які впроваджують цифрові технології, стають рушіями зростання та розвитку для власних екосистем.

Останні дослідження показують, що уникнути цифрової трансформації неможливо. ЗВО повинні адаптуватися до технологічних змін, якщо хочуть залишатися актуальними і затребуваними на ринку освіти [518]. Таким чином, ЗВО повинні обов'язково впроваджувати нові технології. Для того, щоб відповідати сучасним вимогам цифрового суспільства, адміністрації університетів повинні розробляти плани і стратегії цифрової трансформації ЗВО, залучати і розширювати можливості студентів, персоналу ф викладачів [408].

Однак, головними викликами для університетів на сьогодні залишаються:

- залучення студентів до навчання сучасними методами,
- надання викладачам більше можливостей для реалізації власного потенціалу,
- перебудова навчального процесу

- оптимізація управління університетом та процесами всередині.

Ключовим моментом тут є саме цифрова трансформація, а не створення цифрових аналогів паперових чи інших фізичних носіїв та процесів. Для реалізації цього потрібно перебудувати усі процеси в університеті, починаючи від освітнього процесу й закінчуючи формуванням нового мислення всіх його учасників. Таким чином, актуальним питанням на сьогодні є побудова моделі цифрової трансформації ЗВО.

Відповідно до моделей, побудованих вище (див. на рис. 1.20, рис. 1.29), розглянемо складові, які будуть змінюватись у процесі цифрової трансформації ЗВО (рис. 1.30).



Рис. 1.30. Модель цифрової трансформації ЗВО

(Ресурс: власна розробка)

До основних складових запропонованої моделі можна віднести:

- освітнє середовище (в умовах широкого використання цифрових технологій буде відбуватися віртуалізація навчального процесу, процесів комунікації, співпраці, управління закладом освіти);
- технології та інструменти, якими користуються викладачі й студенти;

- умови взаємодії викладачів, студентів в цифровому середовищі. При цьому важливим є подолання академічного цифрового розриву шляхом розвитку цифрових навичок професорів, оскільки студенти вже дуже мотивовані використовувати цифрові інструменти для навчання;
- управління університетом та процесами всередині в цілому.

Важливим завданням цифрової трансформації ЗВО є формування і підвищення цифрових компетентностей викладачів. Як приклад реалізації цього в Національному педагогічному університеті імені М.П. Драгоманова наведемо фрагмент програми "Цифрові освітні технології" курсів підвищення рівня цифрових компетентностей науково-педагогічних працівників університету, розроблену Центром цифрових освітніх технологій НПУ (розробники: М.А. Умрик, О.В. Струтинська, І.В. Вакуленко).

Метою навчання курсу "Цифрові освітні технології" є:

- підвищення рівня цифрових компетентностей науково-педагогічних працівників університету, необхідних для проведення дистанційного та змішаного навчання, а також навчального процесу з використанням цифрових освітніх технологій;
- здійснення системної інтеграції цифрових технологій у навчальний та адміністративний процес факультетів, відділів, центрів, кафедр та інших структурних підрозділів університету;
- формування у науково-педагогічних працівників університету знань, навичок, умінь та досвіду роботи щодо проектування та розробки цифрових технологій в умовах дистанційного і змішаного навчання;
- формування у науково-педагогічних працівників університету розуміння гармонійного та раціонального використання цифрових технологій в навчальному процесі;
- розвиток у науково-педагогічних працівників університету мотивації до професійного самовдосконалення.

Основними завданнями навчання курсу "Цифрові освітні технології" є здійснення систематичного навчання для підвищення рівня цифрових компетентностей науково-педагогічних працівників університету та їх сертифікація, а саме:

- розкрити поняття сучасного цифрового університету і основних освітніх трендів (дистанційне навчання, змішане навчання, мікронавчання, перевернуте навчання, технології масових відкритих онлайн курсів тощо);
- розкрити поняття цифрового освітнього середовища сучасного університету, основні структурні елементи цифрового освітнього середовища НПУ;
- розширити знання науково-педагогічних працівників університету щодо теоретичних аспектів використання цифрового освітнього середовища НПУ в навчальному процесі;
- сформувати практичні навички і досвід роботи щодо проєктування та розробки цифрових технологій навчального призначення в цифровому освітньому середовищі НПУ.

Зміст навчання курсу за модулями і темами

Модуль I. Цифрове освітнє середовище НПУ

1.1. Поняття сучасного цифрового університету, основні освітні тренди.

Поняття цифрового університету. Поняття педагогічного цифрового університету. Основні освітні тренди: поняття і приклади. Дистанційне навчання. Змішане навчання. Мікронавчання. Перевернуте навчання. МВОК технології.

1.2. Цифрова корпоративна етика в університеті

Брендинг університету. Платформи хмарних сервісів для освіти. GSuite for Education. Корпоративний обліковий запис. Персональне середовище. Модератори з ІТ забезпечення освітнього процесу. Корпоративна пошта. Електронний журнал.

1.3. Хмарні сервіси цифрового освітнього середовища НПУ в професійній діяльності

Хмарні сервіси Google. Google Диск, Google документи. Google анкети. Google таблиці. Google презентації. Google Classroom.

Хмарні сервіси Microsoft. Microsoft 365.

1.4. Відеоконференції

Лекції у вигляді відеоконференції. Верифікація. Автентифікація. Google Meet. Microsoft Teams.

1.5. Засоби для розробки цифрових дидактичних матеріалів

Розробка тестів. Віртуальні дошки. Платформи для розробки цифрових дидактичних матеріалів

1.6. Електронний документообіг цифрового освітнього середовища НПУ в професійній діяльності

Впровадження елементів електронного документообігу з використанням хмарного сервісу Google НПУ.

Впровадження елементів електронного документообігу з використанням хмарного сервісу Microsoft НПУ.

Електронний підпис. Безпека електронних даних. Робота з спільними документами. Комунікація. Організація взаємодії.

1.7. Електронні ресурси для самоосвіти викладача

Самоосвіта впродовж всього життя. Огляд електронних ресурсів для самоосвіти викладача. Платформа Coursera НПУ. EdX НПУ.

1.8. Цифрові технології як інструмент наукових досліджень

Поняття про наукометричні бази даних, поняття про Impact Index. Соціальні мережі для науковців. Наукометричні база даних. Google академія (Google Scholar). Можливості використання Google академії в науковій діяльності. Створення персональної сторінки науковця.

1.9. Соціальні наукові спільноти

Поняття про соціальні мережі. Їх використання в навчальному процесі. Наукові соціальні мережі. Orcid ID. Figshare. ResearchGate. Профілі в Web of Science та Scopus.

Модуль II. Середовище системи дистанційного навчання університету

2.1. Поняття середовища системи дистанційного навчання НПУ

Поняття, основні налаштування, реєстрація, створення шаблонів дистанційних курсів.

2.2. Структура дистанційного курсу. Тижневий та тематичний формат подання курсу

Основні навчальні одиниці дистанційного курсу. Структура дистанційного курсу. Загальні відомості про курс.

2.3. Вступна секція дистанційного курсу

Форум, чат, вступна презентація, робоча програма та вимоги до дистанційного курсу. Сертифікація дистанційних курсів.

2.4. Подання лекційного матеріалу в дистанційному курсі

Ресурс "урок", "презентація". SCORM-пакет, відеоматеріали.

2.5. Подання практичного матеріалу в дистанційному курсі

Ресурс "завдання". Критерії оцінювання. Ресурс "семінар". Взаємооцінювання.

2.6. Тестування в дистанційному курсі

Банк питань. Різні типи питань: один з багатьох, багато з багатьох, на відповідність, пропущене слово. Створення тесту на основі банку питань. Оцінювання тестових завдань. Експорт та імпорт питань.

2.7. Журнал в дистанційному курсі

Налаштування журналу в дистанційному курсі. Категорії ресурсів. Шкала оцінювання.

Модуль III. Середовище системи масових відкритих онлайн курсів (МВОК) університету

3.1. МВОК-технології

Поняття МВОК. Приклади. Найпоширеніші МВОК-платформи. Реєстрація на МВОК-платформах. Структура МВОК курсу. Вимоги до розробки МВОК.

3.2. Відеолекції навчального призначення. Зміст

Створення відеолекції. Структура відео навчального призначення.

3.3. Влогінг. Інструменти для ведення відеоблогу навчального призначення

Влогінг. Youtube-канал. Його створення. Запис відео. Ведення трансляцій онлайн.

3.4. Відеолекції навчального призначення. Технічні та програмні засоби

Створення відеолекції. Технічні засоби для створення відеолекції. Програмні засоби для створення відеолекції.

3.5. Відеолекції навчального призначення. Монтаж

Створення відеолекції. Монтаж відео навчального призначення.

Підвищення цифрової компетентності викладачів хоча і є важливою складовою цифровізації процесів у ЗВО, однак є недостатнім для здійснення цифрової трансформації в університеті. Необхідною є також наявність й інших компонентів відповідно до побудованої на Рис. 1.30 моделі, а також розробка стратегії цифрової трансформації ЗВО й розуміння керівництвом важливості впровадження в освітню діяльність сучасних цифрових технологій та інструментів.

1.4. Сучасні освітні тренди в умовах цифрової трансформації освіти

Для визначення пріоритетних напрямів, на які, в першу чергу, повинна бути спрямована цифрова трансформація освіти в Україні, важливим питанням

є з'ясування сучасних світових освітніх трендів, на які також впливає розвиток цифрових технологій.

В основі цифрових трансформацій лежать так звані *цифрові тренди* - напрями розвитку цифрових технологій. Їх аналіз дає змогу прогнозувати розвиток конкретного економічного, технологічного і, навіть, соціального явищ у майбутньому [126; 163; 223]. На рис. 1.31 подано цифрові тренди до 2030 року (на основі даних Українського інституту майбутнього та цифрової адженди України):



Рис. 1.31. Глобальні цифрові тренди до 2030 року

(Ресурс: за даними з джерела [223], URL:

<https://strategy.uifuture.org/app/img/illustrations/6.2/2.jpg>, (дата звернення 06.08.2020))

У звіті *Global Industry Vision (GIV)* компанії Huawei (2019 р.) окреслено вплив технологій у найближчі роки та визначено технологічні тренди (*технотренди*) майбутнього до 2025 року [126; 357]. До найважливіших з них належать:

- використання ботів (проникнення технології ботів в суспільне життя прогнозується до 14%);

- технології віртуальної і доповненої реальності (відсоток галузей, які використовують VR/AR, зросте до 10%);
- обслуговування без пошуку (тенденція оснащення приладів і пристроїв, які використовуються щодня, спеціальними датчиками та сенсорами дозволяє передбачати потреби людини та задовольняти їх безпосередньо без впливу на це людини. GIV прогнозує, що 90% власників смарт-пристроїв використовуватимуть інтелектуальних особистих помічників);
- автоматизація роботами;
- розширена креативність (доступ до хмарних сервісів зменшить бар'єри для наукових експериментів, інновацій та мистецтва за браком необхідного обладнання, відкривши можливості для розвитку творчого потенціалу. GIV прогнозує, що 97% великих компаній використовуватимуть подібні технології);
- комунікація без кордонів;
- поширення хмарних технологій (за прогнозами до 85% додатків будуть хмарними).

За таких умов суспільство і освіта мають трансформуватися та орієнтуватися на майбутнє, навчати фахівців, які перетворять інновації на винаходи. Це сприятиме трансформації освітнього середовища, яка, в свою чергу, забезпечить комплексний, компетентнісний та сучасний підхід до системи освіти [126].

Вивченням сучасних освітніх трендів займаються такі українські дослідники, як Н.В. Морзе, М.А. Бойко, Л.О. Варченко-Троценко, В.П. Вембер, А.В. Вознюк, Л.М. Гриневич, О.В. Семеніхіна, Є.М. Смирнова-Трибульська, Р.С. Юхневич та ін. Коротко охарактеризуємо напрями їх досліджень.

У роботі [126] проаналізовано освітні технотренди та їх вплив на формування освітньої політики в галузі цифровізації закладів освіти, визначення їх потреб і основних індикаторів рівня цифровізації для

забезпечення якості освітнього процесу на основі рефлексії та системи самооцінювання всіх учасників освітнього процесу.

Інститут майбутнього в Україні визначає такі тенденції в розвитку технологій 4.0: технології імплантів, штучний інтелект, робототехніка, блокчейн, криптовалюта, 3D друкування, розподілені обчислення, самокеровані машини, економіка спільного користування, нові технології в енергетиці [223].

Результати досліджень [174] показують актуальність таких освітніх трендів в умовах розвитку сучасного цифрового суспільства:

- дистанційна освіта;
- персоналізація навчання;
- гейміфікація;
- використання електронних навчальних матеріалів;
- віртуальна реальність.

У дослідженнях [122; 123; 399] визначено такі актуальні освітні тренди:

- STEAM-освіта (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics);
- формування компетентностей (предметних і ключових);
- персоналізація навчання, адаптивне навчання;
- розвиток неформальної освіти, відкритість і доступність освіти;
- практико-орієнтоване навчання, спрямоване на конкретні результати;
- розвиток підприємницького, дослідницького і критичного мислення;
- гейміфікація (навчання через гру);
- мобільне навчання;
- зміна ролі вчителя, викладача.

За результатами звіту NMC Horizon Report 2018 освітньої асоціації Educause (США), який охоплює основні тенденції, виклики та розробки технологій для вищої освіти, до освітніх трендів на найближчі роки належать [409]:

- аналітичні технології;

- простори для мейкерства;
- адаптивне навчання;
- штучний інтелект;
- змішана реальність;
- *робототехніка*.

У [46] визначено тренди майбутнього шкільної освіти в Україні з урахуванням наслідків пандемії 2020 року:

- цифровізація освітнього середовища;
- змішане навчання;
- наукова освіта;
- соціально-емоційно-етичне навчання;
- педагогіка партнерства.

Таким чином, на основі аналізу напрямів розвитку цифрових технологій, з урахуванням результатів охарактеризованих вище досліджень, а також тенденцій організації навчального процесу в закладах освіти в умовах карантину внаслідок пандемії 2020 року, можна визначити такі *сучасні освітні тренди*, які найближчим часом будуть впливати на систему освіти в Україні [212]:

- дистанційне та онлайн навчання;
- змішане навчання;
- неперервне навчання;
- неформальна освіта;
- мобільні технології в навчанні;
- віртуальна, доповнена, змішана реальності;
- гейміфікація навчання;
- хмарні технології в освіті;
- *STEAM-освіта*;
- *робототехніка і 3D технології в освіті*;

- програмування для дітей.

Наведемо коротку характеристику цих трендів.

У зв'язку з процесами, які нині відбуваються в суспільстві (розвиток цифрових технологій, цифрова трансформація, світова епідеміологічна ситуація тощо), **дистанційне навчання, онлайн навчання і змішане навчання**, відіграють важливу роль для віддаленого навчання, спілкування, ведення бізнесу та ін. Ці форми організації освітнього процесу тісно пов'язані між собою. У змішаному навчанні використовуються технології дистанційного та онлайн навчання. У дистанційному навчанні використовується онлайн навчання, але воно може здійснюватися і в асинхронному режимі [212].

Термін "змішане навчання" (від англ. – *blended learning*) має різні визначення у літературі і означає поєднання онлайн навчання, традиційного (очного) та самостійного навчання у різних співвідношеннях. Інші назви змішаного навчання: "гібридне навчання" (від англ. – *hybrid learning*), "гнучке навчання" (від англ. – *flexible learning*).

У 2007 році фахівці Sloan Consortium класифікацію моделей освітнього процесу залежно від використання технологій дистанційного навчання (табл. 1.5):

Таблиця 1.5

Класифікація моделей освітнього процесу залежно від використання технологій дистанційного навчання (за висновками Sloan Consortium)

Відсоток використання технологій дистанційного навчання	Модель навчального процесу	Короткий опис
0%	Традиційне навчання	Інформація доставляється в усній або письмовій формі (цифрові технології не використовуються), асинхронна взаємодія не проводиться
1-29%	Використання технологій дистанційного	Використовуються мережні технології, але здебільшого для доставки навчального матеріалу

Відсоток використання технологій дистанційного навчання	Модель навчального процесу	Короткий опис
	навчання	й вирішення організаційних питань в рамках традиційного навчання за конкретною дисципліною
30-79%	Змішане навчання	Мережні технології використовуються не тільки для доставки матеріалу, а й для виконання завдань, співпраці та іншої навчальної взаємодії. Очні зустрічі зведені до мінімуму
80+%	Онлайн навчання	Уся навчальна діяльність і доставка навчального матеріалу здійснюється за допомогою мережних технологій. Очних зустрічей не передбачено

(Ресурс: власна розробка на основі [22; 169; 253])

В умовах наслідків пандемії 2020 року змішане навчання є освітнім трендом. Важливим завданням кожного вчителя, викладача є володіння вміннями використовувати технології дистанційного, онлайн і змішаного навчання для здійснення ефективної професійної діяльності.

В основі концепції *неперервного навчання*, яка з'явилась в кінці ХХ – початку ХХІ ст., лежить необхідність навчання впродовж життя в сучасному технологічному світі. Концепція неперервного навчання передбачає навчання як у межах, так і поза межами системи формальної освіти. Це означає, що ключовим умінням стає здатність людини здійснювати пошук нових знань та розвивати нові компетентності без підтримки з боку формальної освіти.

Неформальне навчання – також тренд сучасної освіти, що на теперішній час є важливою складовою неперервної освіти, в тому числі у зв'язку з прискореним старінням знань.

Неформальна освіта – це одержання нових знань про різні сторони життя за допомогою навчання через різні курси, гуртки за інтересами, майстер-класи та ін. В межах неформальної освіти, як правило, не потрібні попередні умови

для початку навчання (попередня підготовка, вікові межі тощо), не ставляться жорсткі вимоги до місця, часу, термінів, форм і методів навчання, що дає змогу включитися до процесу навчання значно більшій кількості людей, ніж у формальну освіту.

Під **хмарними технологіями** розуміють технології розподіленого опрацювання даних, з використанням яких комп'ютерні ресурси та потужності надаються користувачеві як інтернет-сервіс.

Основними напрямками використання хмарних технологій в освіті є хмарні сервіси для закладів освіти; хмарні платформи для навчання, тестування тощо; хмарні сховища даних.

Гейміфікація – це використання ігрових практик та механізмів у неігровому контексті для залучення користувачів до вирішення проблем. В основі стратегії гейміфікації лежить винагородження за виконані завдання, до якого належать різні види заохочень (бали, відзнаки, рівні, індикатори прогресу, віртуальна валюта та ін.). Важливим елементом гейміфікації є конкуренція, яка надає можливість стимулювати учасників виконувати завдання шляхом заохочення інших учасників нагородами, бонусами тощо [351; 432].

Віртуальна реальність – світ, створений із використанням технічних засобів, який може сприймати людина через відчуття: зір, слух, нюх, дотик тощо. Фактично це комп'ютерна тривимірна модель фізичного середовища, в якому користувач може рухатися та взаємодіяти з об'єктами цього середовища.

Доповнена реальність – технологія інтерактивної комп'ютерної візуалізації, що дозволяє доповнити зображення реального світу віртуальними елементами і відображає його на екрані пристрою. За допомогою цієї технології у користувачів формується сприйняття віртуальних образів у реальному світі, а не шляхом створення альтернативного світу. **Змішана реальність** – це оточення, створене із прив'язкою до реального світу. У змішаній реальності в звичайне середовище людини додаються віртуальні елементи, що приєднані до

свого місця в просторі для того, щоб спостерігач сприймав їх, як реальні [216, с. 58].

Технології віртуальної, доповненої та змішаної реальності містять величезний потенціал для вирішення основних завдань освітнього процесу. Їх використання впливає на всі компоненти пізнавальної активності учнів.

Мобільні технології в навчанні використовуються за такими основними напрямками, як мобільне навчання та використання мобільних пристроїв як допоміжного інструменту в навчальному процесі.

Зазвичай під **мобільним навчанням** розуміють використання мобільних технологій як окремо (наприклад, дистанційна система навчання для мобільних пристроїв), так і спільно з іншими ІКТ для організації навчального процесу незалежно від місця й часу [19, с. 354].

Одним з найпоширенішим способом використання мобільних технологій у навчанні є принцип **BYOD** (*Bring Your Own Devices* – "візьми свій власний пристрій"). Він пов'язаний з використанням смартфонів, планшетів, нетбуків та інших цифрових пристроїв для навчальних занять. При цьому учні (студенти) застосовують свої власні пристрої, тобто пристрої не надаються закладом освіти.

STEM-освіта (акронім *STEM* від англ.: *S* – *Science* (природничі науки), *T* – *Technology* (технології), *E* – *Engineering* (технічна творчість, інженерія, проектування), *M* – *Mathematics* (математика)) – це напрям в освіті, в умовах використання якого в навчальних програмах посилюється природничо-науковий компонент із застосуванням інноваційних технологій. Розвиток STEM напрямів в освіті має вирішальне значення для розвитку сучасного суспільства, оскільки STEM освіта є основою для підготовки фахівців у галузі високих технологій [102, с. 248.].

STEM-освіта базується на використанні засобів та обладнання, пов'язаних з технічним моделюванням, енергетикою, електротехнікою, інформатикою, ІКТ, науковими дослідженнями в галузі енергозберігаючих

технологій, автоматикою, робототехнікою, інтелектуальними системами, радіотехнікою, радіоелектронікою, авіацією, космонавтикою, аерокосмічними технологіями тощо [14]. STEM-освіта є основою для *наукової освіти*.

Для того, щоб підготувати молодь до майбутніх професій у галузі високих технологій, до основних складових STEM-освіти важливо також залучати і сучасні галузі, що на теперішній час швидко розвиваються. До таких напрямів належать *робототехніка* та *3D технології*.

Освітня робототехніка – міжпредметний напрям навчання учнів з використанням роботів та робототехнічних систем, у процесі якого інтегруються знання зі STEM-предметів (фізики, технологій, математики), кібернетики, мехатроніки та інформатики. Навчання освітньої робототехніки відповідає ідеям випереджального навчання (навчання технологій, які будуть потрібні в майбутньому) і дозволяє залучити учнів різного віку до процесу інноваційної та науково-технічної творчості [128, с. 182].

Бурхливий розвиток 3D технологій сприяє появі нових професій, таких як 3D дизайнери, фахівці з 3D друкування тощо. Саме тому вже зараз потрібно готувати кваліфікованих фахівців для цих професій майбутнього. Крім того, навчання з використанням 3D технологій сприяє розвитку образного та просторового мислення; творчих здібностей і навичок учнів (студентів); формуванню умінь моделювати тривимірні об'єкти тощо.

До основних напрямів використання **3D технологій** в освіті належать 3D друкування, 3D графіка, 3D анімація, 3D графіка для VR, AR, 3D голографія.

Програмування (або *кодінг*, від англ. *coding*) вважається однією із найзатребуваніших навичок XXI століття. Це пов'язано з тим, що в цифровому суспільстві комп'ютерні програми лежать в основі бізнесу, маркетингу, авіації, науки, медицини та багатьох інших галузей. Саме тому на теперішній час базові навички програмування потрібні для різних професій, оскільки вже зараз понад 90% фахівців потребують цифрових компетентностей, значна частина яких пов'язана з умінням програмувати.

Уміння програмувати є значною складовою цифрової грамотності людини, яка живе у цифровому суспільстві. Навчання програмуванню дітей сприяє розвитку аналітичного і логічного мислення, а також таких важливих умінь, як вирішення складних проблем, робота в команді та багатьох інших.

Для підвищення ефективності навчального процесу необхідно ознайомлювати освітян з сучасними освітніми трендами. Їх обізнаність в цих трендах сприятиме підвищенню мотивації та розумінню необхідності власного професійного розвитку у відповідних галузях.

Висновки до розділу 1

1. Швидкі темпи розвитку сучасних цифрових технологій, науки й техніки суттєво впливають на всі галузі суспільства: змінюються виробництво, освіта, медицина, ринок праці, засоби спілкування, опрацювання та передавання даних тощо. Такі тенденції призвели до появи концепції "Промисловість 4.0", пов'язаної із цифровою трансформацією виробничих процесів, суміжних галузей і виробництва в цілому. "Промисловість 4.0" визначається конвергенцією технологій, до яких, зокрема, належить і робототехніка. В останні роки ця галузь характеризується щорічним зростанням обсягу виробництва роботів, впровадженням робототехнічних механізмів й процесами комплексної автоматизації виробництва в цілому. Це спричиняє потребу в підготовці кваліфікованих фахівців даної галузі.
2. Значний вплив цифрових технологій на економіку, виробництво, суспільне життя призводить до кардинальних змін на глобальному ринку праці. Основними факторами, які впливають на зміни професій на глобальному ринку праці у період до 2022 року, є: високошвидкісний мобільний інтернет, технології штучного інтелекту, використання аналітики великих даних, хмарні технології, розвиток технологій інтернету речей і тенденції до роботизації різних галузей людської діяльності. Очікується, що такі

процеси призведуть в найближчі 15-20 років до зникнення до 14% існуючих на сьогодні професій. В той же час, в результаті автоматизації та роботизації багатьох процесів на виробництві, підприємствах, в компаніях тощо виникнуть нові професії і до 32% - кардинально зміняться існуючі з цієї ж причини.

3. Поява нових професій призводить до нових вимог до кваліфікації працівників і функцій, які вони будуть виконувати. Це потребує їх перекваліфікації та оновлення відповідних навичок і компетентностей. У зв'язку з цим, очікується, що до 2022 року не менше 54% всіх працівників будуть потребувати суттєвої перекваліфікації та підвищення кваліфікації. Це вказує на необхідність цифрової трансформації системи освіти в цілому.
4. В умовах розвитку цифрових технологій і цифрової трансформації багатьох галузей людської діяльності, швидкої зміни затребуваних на ринку праці професій та, відповідно, професійних вимог до компетентностей фахівців, освітня діяльність потребує оновлення змісту та методів навчання, пошуку інноваційних форм навчання, розширення доступу до навчальних ресурсів, реалізації можливостей навчання без обмежень за просторовою та часовою ознаками, впровадження нових підходів до організації надання освітніх послуг в цілому. Таким чином, цифрова трансформація освіти є невід'ємною складовою процесів, які нині відбуваються в суспільстві. Аналіз наукових публікацій і досліджень провідних фахівців даної галузі показав, що для цифрової трансформації освіти в Україні необхідно здійснити ряд важливих системних кроків, до найважливіших з яких належать:
 - розробка ефективної освітньої політики відповідно до сучасних потреб, в тому числі на законодавчому рівні;
 - створення технічних умов для використання цифрових технологій та ІКТ в освіті;

- трансформація цілей, змісту та відповідних їм методів і форм освітньої діяльності, пов'язаних з проникненням нових цифрових інструментів у різні сфери людської діяльності;
 - модернізація освітніх систем, в тому числі змісту навчання шкільної та університетської освіти з урахуванням сучасних освітніх і технологічних трендів (оновлення існуючих та/або розробка нових освітніх програм, навчальних планів тощо), для підготовки педагогічних кадрів для вищої школи і кваліфікованих фахівців для майбутніх професій;
 - підготовка, перепідготовка та підвищення кваліфікації педагогічних кадрів, в тому числі підвищення рівня сформованості їх цифрових навичок і компетентностей.
5. Для визначення пріоритетних напрямів, на які повинна бути спрямована цифрова трансформація освіти в Україні в першу чергу, важливим є врахування сучасних світових освітніх трендів, на які також впливає розвиток цифрових технологій. Дослідження провідних українських вчених, які працюють над даною проблемою, аналіз технологічних трендів майбутнього до 2025 року (за даними звіту *Global Industry Vision* компанії *Huawei*, 2019); аналіз цифрових трендів до 2030 року (за даними *Українського інституту майбутнього*) і власні дослідження показали, що до сучасних освітніх трендів належать: дистанційне, онлайн і змішане навчання; неформальна освіта; хмарні і мобільні технології в освіті; гейміфікація навчання; віртуальна, доповнена, змішана реальності; STEAM-освіта; 3D технології і *робототехніка в освіті*; програмування для дітей.
6. Основні результати дослідження, розглянуті у першому розділі роботи, відображено в публікаціях [204; 205; 206; 212; 398; 466; 469; 470; 472].

Розділ 2. Теоретичний аналіз проблем розвитку STEAM-освіти в Україні та світі

2.1. Поняття про STEM-освіту. Розвиток STEAM-освіти

Сучасний розвиток науки, техніки та економіки потребує від майбутніх фахівців володіння абсолютно новими компетентностями, що знаходяться на перетині кількох галузей, зокрема науки, технології, інженерії й математики.

Стрімкий розвиток цифрових технологій веде ще й до того, що незабаром найпопулярнішими та найзатребуванішими професіями на планеті будуть програмісти, IT-фахівці, інженери, професіонали в галузі високих технологій тощо. Згідно дослідження [484] у недалекому майбутньому з'явиться багато нових професій, пов'язаних з новітніми технологіями і високотехнологічним виробництвом. В той же час багато професій зникне [8].

Враховуючи швидкі темпи розвитку цифрових технологій, зміни на ринку праці, та, відповідно, нові вимоги до навичок і компетентностей працівників (див. п. 1.2.3, п. 1.2.4), слід зазначити, що до основних характеристик, якими повинен володіти майбутній фахівець, належать [236]:

- аналітичне, системне, критичне, креативне, та інноваційне мислення;
- міжгалузева комунікація;
- знання кількох мов, різних типів культур;
- уміння працювати над проєктами в команді, а також в режимі багатозадачності й в умовах, що постійно змінюються;
- інформаційна та медіаграмотність;
- навички ефективного використання ІКТ і цифрових технологій.

Збільшення затребуваності всіх цих компетентностей тісно пов'язане зі STEM підходом. STEM-освіта є одним з інструментів підготовки фахівців майбутнього, здатних креативно мислити та створювати інновації, яку в розвинутих країнах світу підтримують на найвищому державному рівні [220].

Тому сьогодні багато країн, таких як Австралія, Великобританія, Данія, Ізраїль, Китай, Корея, Сінгапур, США, Японія, розвивають державні програми в галузі STEM-освіти [124; 388].

STEM – це концепція, навчальна система, що використовується розвиненими країнами в різних ланках освіти з метою напрацювання у дітей та молоді навичок, потрібних для того, щоб бути успішними у XXI столітті та сприяти інноваційному розвитку країни в цілому. Ця концепція виникла на запит бізнесу (у першу чергу великих корпорацій), що потребує професіоналів нового гатунку. Вона передбачає поєднання різних наук, технологій, інженерної творчості та математичного мислення [128, с. 179].

STEM-освіта базується на використанні засобів та обладнання, пов'язаних з технічним моделюванням, енергетикою, електротехнікою, інформатикою, ІКТ, науковими дослідженнями в галузі енергозберігаючих технологій, автоматикою, робототехнікою, інтелектуальними системами, радіотехнікою, радіоелектронікою, авіацією, космонавтикою, аерокосмічними технологіями тощо [14].

STEM як новий напрям в освіті був започаткований у США в 1990-х роках з метою розвитку науково-технічних компетентностей учнів й вирішення проблеми браку інженерних кадрів. Ця абревіатура була запропонована співробітницею Національного наукового фонду США (NSF – National Science Foundation), біологом Джудіт Рамаліу в 2001 році.

Як окрема галузь дидактики, STEM-освіту було виокремлено в США у 2009 році з програми "*Educate to Innovate*" ("*Навчати інновацій*"), [161]. Визначальним чинником до виокремлення відповідної галузі дидактики стало статистично доведене падіння зацікавленості учнів до дисциплін природничо-математичного циклу, знання яких є фундаментальною базою сучасних технологій різного рівня. Значущим наслідком такої ситуації став достатньо низький рівень сформованості певних компетентностей молоді в актуальних

галузях виробництва, що визначають конкурентну спроможність будь-якої країни на світовому ринку у сфері економіки та технологій [182].

Як показує зарубіжний досвід, впровадження STEM-освіти змінює економіку країни в цілому, робить її більш інноваційною та конкурентоспроможною. Потреби у STEM-фахівцях зростають у 2 рази швидше, ніж в інших професіях, оскільки STEM розвиває здібності до дослідницької та креативної діяльності, експериментування; уміння працювати в команді над спільними проектами, в тому числі з використанням ІКТ; сприяє формуванню аналітичного, критичного та інноваційного мислення [465]. Крім того, прогнозується, що для 75% професій, які нині виникають та розвиваються, буде потрібне володіння навичками STEM [10].

Як відомо, Сінгапур досяг значних економічних успіхів. Багато в чому це пов'язано із реформуванням системи освіти для стимулювання молоді в розвитку креативних якостей. Уряд Сінгапуру передбачив багато з ключових стратегій в галузі освіти, прийнятих сучасними політиками, а саме: зосередженість на природничих науках, технологіях, інженерії, математиці (STEM); прийняття двомовності (англійська мова в доповнення до рідної мови) та ін.

В 2002 році була запущена ініціатива "Перетворення Сінгапуру", спрямована на перетворення цього міста-держави на світовий центр креативності, інновацій та дизайну, яка наразі успішно реалізовується. Один із шляхів цієї програми – залучення молодих, талановитих людей з нестандартним мисленням до роботи в різних державних структурах, в тому числі відповідальних за економічну політику [59].

Наступними кроками в Сінгапурі було введення Міністерство освіти наукових курсів, спрямованих на розвиток винахідництва (2012, 2014 рр.). Подібні кроки зроблені також і в Південній Кореї. В 2011 році корейський уряд спільно з Міністерством освіти, науки та технологій повідомив про розвиток

програм, спрямованих на інтеграцію шкільної науки з іншими дисциплінами через STEM (STEAM) освіту [263].

Розвиток компетентностей у галузі STEM є актуальним на теперішній час, що підтверджується також останніми дослідження. Так, прогнози оцінки за даними досліджень комісії з освіти в США показують, що в період з 2017 року по 2027 рік загальна кількість робочих місць STEM-професій зросте на 13% порівняно з 9% робочих місць, що не пов'язані із STEM. Зараз STEM професії складають 7% усіх робочих місць в США, а попит на STEM компетентності постійно зростає [471, с. 531].

Подібні тенденції до зростання потреб у фахівцях у галузі STEM спостерігаються в усьому світі. Так, наприклад, у 2020 році найшвидшими темпами зростатиме попит на професії, для яких потрібно мати ґрунтовні знання зі STEM дисциплін [127; 400]. А саме, Статистичне бюро праці США спрогнозувало в 2020 році збільшення попиту на такі професії, як:

- біомедичні інженери – 62%;
- медики-науковці – 36%;
- розробники систем програмного забезпечення – 32%;
- біохіміки та біофізики – 31%;
- адміністратори баз даних – 31%;
- системні адміністратори та адміністратори комп'ютерних мереж – 28%;
- розробники програмного забезпечення – 28%.

Важливість залучення молоді до навчання STEM показує також проведене в ЄС у 2018 році дослідження з ініціативи Всесвітнього економічного форуму за програмою "Ініціатива у галузі цифрової трансформації", за результатами якого було визначено сім ключових технологій, які, за прогнозами, матимуть найбільший вплив на трансформацію промисловості в найближчому майбутньому [321]:

- штучний інтелект;
- автономні транспортні засоби;

- аналітика великих масивів даних та хмарні технології ;
- індивідуальне виробництво та 3D друкування;
- технології інтернету речей / під'єднані пристрої;
- роботи та дрони;
- соціальні медіа та платформи.

Всі зазначені технології пов'язані з цифровими, технічними компетентностями та STEM. Слід також відмітити, що 3 з 7 вищенаведених технологій безпосередньо пов'язані з робототехнікою, а саме: *автономні транспортні засоби, технології інтернету речей та під'єднані пристрої, роботи й дрони*. Це свідчить про те, що потреби у фахівцях STEM-професій будуть в подальшому зростати.

Однак, у багатьох частинах Європи роботодавці мають труднощі з найманням людей з належним рівнем навичок у галузі STEM, особливо фахівців з ІТ. Крім того, останні дані PISA, програми міжнародного оцінювання студентів (*PISA – Programme for International Student Assessment*), показують, що один з п'яти 15-річних підлітків Європі є функціонально неграмотним з читання, математики та природничих наук [471].

Один з можливих шляхів залучення молоді до навчання STEM предметів є додавання до точних наук так званої складової *Art* (від англ. *art* – мистецтво). Тому останнім часом в STEM-освіту включають пов'язані з творчістю, мистецтвом, дизайном дисципліни, об'єднані загальним терміном *Arts* (*STEAM – STEM and Arts*).

На думку американських вчених, спроба активізувати освіту тільки в напрямку науки без паралельного розвитку *Arts*-дисциплін може призвести до того, що молоде покоління позбудеться навичок креативності. Наприклад, у штаті Массачусетс прийнято законодавство, в якому при розрахунку рейтингу шкіл враховується не тільки рівень виконання учнями стандартних тестів, але й те, наскільки навчальний план кожної школи сприяє посиленню креативності учнів, так званий "*індекс креативності*" [59, с. 47-48].

Коли мова йде про STEM-освіту, часто виникає питання гендерної рівності, оскільки вважається, що певні галузі діяльності традиційно притаманні тільки чоловікам або тільки жінкам. З раннього віку дівчата та хлопці, як правило, свідомо й несвідомо готуються до різних видів діяльності, інтересів та навичок [471, с. 540].

Таким чином, існує потреба до залучення дівчат та жінок у STEM. Це підтверджується також статистичними даними Міністерства праці США, які показують, що жінки займають лише 16% посад в інженерних професіях в країні, 25,6% – в комп'ютерних та математичних, 16,3% – у хімічній галузі (*Бюро статистики праці США за 2018 рік*, <https://tinyurl.com/ybcqflfb>, дата звернення: 09.03.2020). Залучення більшої кількості жінок та дівчат до STEM можна реалізувати також через STEAM [471, с. 541].

Ініціативи з розвитку STEM-освіти пропонуються також і в ЄС для мотивації молодих людей займатися наукою, технологіями, інженерією, математикою (STEM), включаючи напрям Art (мистецтво) [350; 463; 464; 520]. Для реалізації цього в Європі розроблено 2 стратегічні ініціативи в галузі науки та математики: *STEM Alliance* (<http://www.stemalliance.eu>, дата звернення: 20.04.2020) і *Scientix* (<http://www.scientix.eu>, дата звернення: 20.04.2020). Гендерна рівність є ключовим пріоритетом, визначеним у державах-членах та асоційованих країнах Європейського дослідницького простору. Дослідження, проведене Інститутом статистики ЮНЕСКО, показує, що лише 28% дослідників у світі – жінки (en.unesco.org/genderequality, дата звернення: 20.04.2020). Програма "Жінки в дослідженнях та інноваціях" є частиною широкої стратегії гендерної рівності жінок у галузі досліджень та інновацій (премія ЄС для жінок-інноваторів, гендерна рівність у програмі "Горизonti 2020" та ін.).

Таким чином, окрім традиційного, існує кілька варіантів напрямів STEM:

1. STEAM = Science + Technology + Engineering + **Arts** + Mathematics (природничі науки, технологія, інженерія, **мистецтво**, математика).

Актуальними напрямками STEAM є промисловий дизайн, архітектура, індустріальна естетика тощо.

2. **STREAM** = Science + Technology + **Reading+wRiting** + Engineering + Arts + Mathematics (природничі науки, технологія, **читання + письмо**, інженерія, мистецтво, математика) [496].

В джерелах іноді зустрічається й інша інтерпретація абрєвіатури **STREAM** – літера R означає *Robotics* (робототехніка) або *Religion* (релігія).

3. **STREAM** = Science + Technology + **Robotics** + Engineering + Arts + Mathematics (природничі науки, технологія, **робототехніка**, інженерія, мистецтво, математика) [263; 330; 457].

Деякі дослідники під літерою R розуміють релігію (*Religion*):

4. **STREAM** = Science + Technology + **Religion** + Engineering + Arts + Mathematics (природничі науки, технологія, **релігія**, інженерія, мистецтво, математика) [513].

5. **STEMM** = Science + Technology + Engineering + Mathematics + **Music** (природничі науки, технологія, інженерія, математика, **музика**).

6. **STEEM** = Science + Technology + Engineering + **English** + Arts + Mathematics (природничі науки, технологія, інженерія, **англійська мова**, математика) [239].

Ідея трансформації STEM в STEEM виникла для української освіти. Основна ідея дослідження [239] полягає в тому, що англійська мова – це мова нових технологій та науки. Якщо в учнів буде достатній рівень володіння англійською мовою для вивчення, наприклад, STEM предметів (принаймні частково), то це зможе сприяти розвитку в них багатьох навичок та компетентностей, які належать до гнучких навичок, таких як комунікація, співпраця, критичне мислення (наприклад, у процесі пошуку та аналізу джерел англійською мовою), креативність тощо.

Важливим поняттям, пов'язаним із STEAM-освітою є міждисциплінарність. Міждисциплінарність в освіті розглядають як

педагогічну інновацію [35]. Ключову педагогічну проблему під час розроблення STEAM орієнтованих навчальних програм містить технологія інтеграції компонентів, які, з одного боку, є близькими дисциплінами, а з іншого – самостійними усталеними онтологіями: наука як спосіб пізнання, який допомагає зрозуміти навколишній світ; технології як спосіб покращення світу, що має чутливість до соціальних змін; інженерія як спосіб створення та покращення пристроїв для вирішення реальних проблем; математика як спосіб опису світу "аналіз світу і реальних проблем за допомогою чисел" [394].

В основі розроблення освітніх STEAM-програм відбувається поєднання наукових методів, технологій, проектування та математики. Важливо, що результатом інтеграції може бути впровадження окремого навчального предмету STEAM/Science або ж певні зміни у навчальному плані кожного зі STEAM-предметів на основі впровадження інновацій, посилення практичної компоненти у вирішенні проблем реального світу.

Отже, STEAM-освіта реалізується через міждисциплінарний підхід у побудові навчальних програм закладів освіти різного рівня.

Орієнтуючись на сучасний ринок праці, фахівці освітньої сфери повинні кардинально оновлювати навчальні програми, особливо ті, які мають безпосереднє відношення до підготовки підростаючого покоління до нових ролей у суспільстві, оволодіння ними такими технологіями, знаннями, уміннями, що зможуть у майбутньому задовольнити потреби цифрового суспільства [236, с. 7].

У зв'язку із зміною традиційних видів діяльності необхідно змінювати систему освіти. Вона повинна відповідати не тільки відповідати тенденціям розвитку суспільства і потребам особистості для швидкого реагування на динамічні зміни соціального устрою, а й мати випереджальний характер. Саме тому розвиток STEAM-освіти та її напрямів є також важливим та пріоритетним і для України.

2.2. Впровадження STEAM-освіти в Україні

Як було зазначено раніше, одним з шляхів модернізації та оновлення природничо-математичної освіти у світі є розвиток STEAM-освіти.

Основною метою впровадження STEAM-освіти є розширення можливостей людей шляхом забезпечення (розвитку) технічної та природничо-наукової освіти (на основі встановлення взаємозв'язків між STEAM-галузями) з урахуванням необхідності формування в учнів критичного і креативного мислення. Цей підхід важливо застосовувати від початкової школи до вищої освіти для забезпечення нації чотирма категоріями інтелектуальних інвестицій, до яких належать [455, с. 44]:

- креативні вчителі та викладачі, які здатні успішно викладати STEAM-предмети;
- вчені, інженери та IT-фахівці, які досліджують та розвивають технологічний прогрес, необхідний для економічного успіху країни і вирішення глобальних проблем;
- досвідчені в технологічному плані працівники, здатні створювати, проєктувати, підтримувати та експлуатувати складні технологічні інновації;
- науково та технологічно грамотні громадяни, які можуть критично досліджувати, розуміти, відповідати на виклики для удосконалення навколишнього середовища.

Для розвитку STEAM-освіти в Україні є великий потенціал, про що свідчать матеріали Всесвітнього економічного форуму [150]. Зокрема за показником *"Якість математичної та природничої освіти"* Україна знаходиться на 27 місті зі 137 країн (статистика за 2017-2018 рр.).

Сьогодні в Україні елементи STEAM-освіти все частіше включаються у різні освітні програми, створюються STEM-центри, проводяться міжнародні конференції тощо. Однак, незважаючи на те, що STEM-підходи реалізуються в багатьох українських навчальних закладах, на теперішній час – це, в основному, позашкільна STEAM-освіта: різноманітні олімпіади природничо-

математичного спрямування, діяльність Малої академії наук, наукові конкурси і заходи для учнів та студентів (Intel Techno Ukraine, Intel Eco Ukraine, фестиваль науки Sikorsky Challenge), наукові пікніки, хакатони тощо [128, с. 179-180].

Вивченню проблем впровадження STEM-освіти в Україні присвячено багато робіт вітчизняних науковців і практиків (Н.В. Морзе, Н.Р. Балик, О.В. Барна, М.А. Бойко, О.І. Буковська, С.М. Бревус, Н.В. Валько, Д.В. Васильєва, В.Ю. Величко, С.А. Гальченко, М.А. Гладун, Л.С. Глоба, К.Д. Гуляєв, С.М. Дзюба, В.В. Камишин, Е.Я. Клімова, О.Б. Комова, Т.Г. Крамаренко, О.В. Лісовий, Л.Г. Ніколенко, Р.В. Норчевський, В.В. Осадчий, О.С. Пилипенко, Н.І. Поліхун, М.А. Попова, В.В. Приходнюк, М.Н. Рибалко, С.О. Семеріков, І.А. Сліпухіна, О.Є. Стрижак, І.С. Чернецький, Г.П. Шмигер та ін.).

Однак, аналіз науково-методичних праць провідних науковців у даній галузі, вивчення їх досвіду показує необхідність розробки обґрунтованої методичної системи впровадження STEAM-освіти в Україні.

Тому нині актуальним є питання реформування природничо-математичної та інженерної освіти, в тому числі й на основі адаптації зарубіжного досвіду та апробованих практик реалізації STEAM-освіти [14].

Для з'ясування рівня обізнаності українських освітян у галузі STEM-освіти та їх готовність використовувати принципи STEM у професійній діяльності автором у 2018 році та 2019 році було проведено дослідження, в якому взяло участь 342 українських освітян з різних регіонів України (викладачі університетів, шкільні вчителі, аспіранти освітньої галузі та студенти – майбутні вчителі) [471].

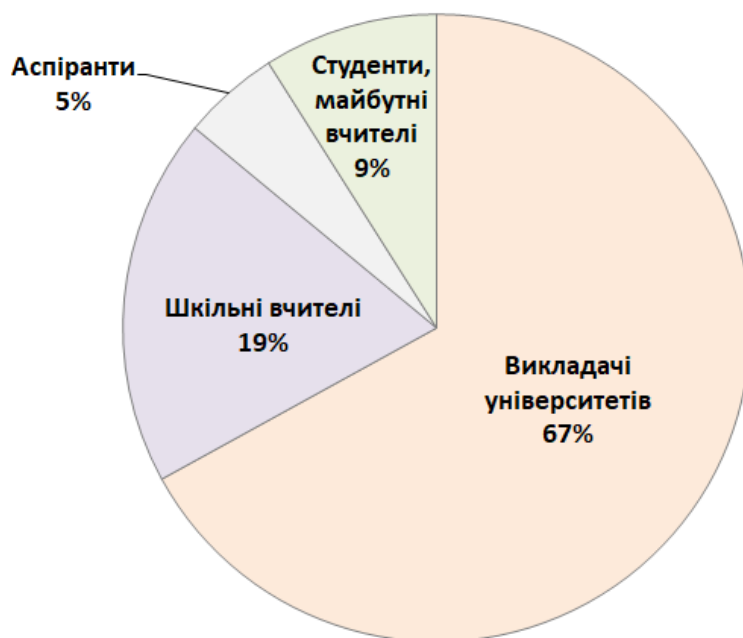
Для реалізації цього було розроблено два онлайн опитування за допомогою Google Forms. В першому опитуванні, тривалістю 2 місяці (протягом липня-серпня 2018 року), взяло участь 159 українських освітян. Слід зазначити, що найбільша група опитаних належала до галузі інформатики та

комп'ютерних наук (71,8% учасників). Розподіл респондентів за освітніми ролями показано на рис. 2.1:



*Рис. 2.1. Розподіл опитуваних за освітніми ролями
(2018 рік – перший етап дослідження)
(Ресурс: власна розробка [471, с. 535])*

У другому етапі дослідження взяло участь 183 українських освітян. Опитування тривало протягом 3-х місяців (квітень-червень 2019 року). Аналогічно першому етапу дослідження – найбільша група респондентів належала до інформатики та комп'ютерних наук (71,6% учасників). Розподіл респондентів за освітніми ролями подано на рис. 2.2:



*Рис. 2.2. Розподіл опитуваних за освітніми ролями
(2019 рік – другий етап дослідження)
(Ресурс: власна розробка [471, с. 536])*

Наведемо окремі найважливіші результати проведеного дослідження, які демонструють рівень обізнаності українських освітян у галузі STEM-освіти та їх готовність використовувати принципи STEM у власній професійній діяльності.

З.: Як Ви вважаєте, чи необхідно впроваджувати принципи STEM-освіти в українські навчальні заклади? (запитання було в обох опитуваннях)

Відповіді на запитання стосовно необхідності впровадження принципів STEM-освіти в навчальні заклади України подано на рис. 2.3 (2018 рік) й на рис. 2.4 (2019 рік) відповідно:



Рис. 2.3. Відповіді на запитання стосовно необхідності впровадження принципів STEM-освіти в навчальні заклади України (2018 рік – перший етап дослідження)

(Ресурс: власна розробка [471, с. 536])

Аналіз даних на рис. 2.3 показав, що, більшість опитаних недостатньо обізнані стосовно STEM-освіти, оскільки 20% учасників не знають про STEM, а 36% не можуть відповісти на це запитання (всього 56%). Розподіл відповідей на дане запитання за освітніми ролями поданий у [471, с. 537, рис. 6].

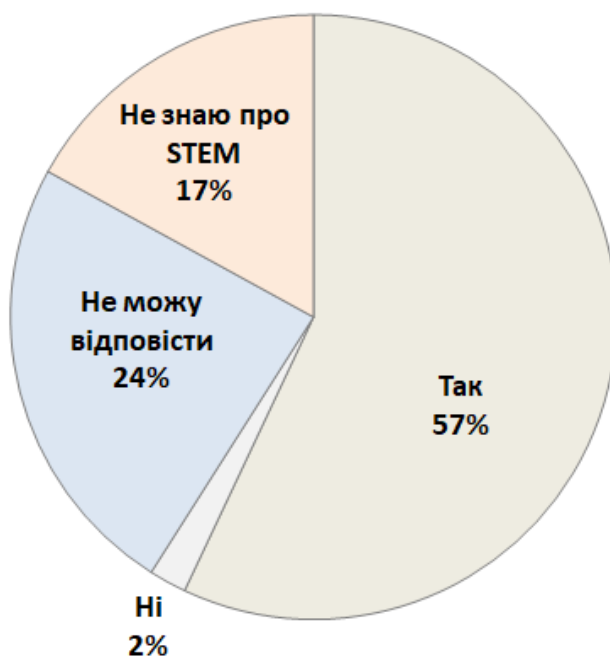


Рис. 2.4. Відповіді на запитання стосовно необхідності впровадження принципів STEM-освіти в навчальні заклади України (2019 рік – другий етап дослідження)

(Ресурс: власна розробка [471, с. 538])

Аналіз відповідей на дане запитання (рис. 2.4) показує, що більшість респондентів, ймовірно, все ще недостатньо обізнані стосовно STEM-освіти, оскільки 17% учасників не знають про STEM, а 24% не можуть відповісти на це запитання (всього 41%). Однак, у відповідях очевидні позитивні тенденції в даній галузі порівняно з 2018 роком: кількість учасників, необізнаних в питаннях STEM-освіти, зменшилась. Розподіл відповідей на дане запитання за освітніми ролями поданий у [471, с. 538, рис. 8].

Отримані результати також свідчать про підвищення інтересу серед освітян до впровадження принципів STEM-освіти в українські навчальні заклади.

На другому етапі проведеного дослідження (у 2019 році) було визначено, скільки освітян вже використовують принципи STEM-освіти у своїй професійній діяльності.

3.: Чи використовуєте Ви у своїй професійній діяльності принципи STEM-освіти? (запитання було тільки в другому опитуванні за 2019 рік)

Відповіді учасників опитування на дане запитання показали, що тільки 18% освітян відповіли ствердно (33 респонденти з 183). Розподіл відповідей стосовно використання принципів STEM-освіти у власній професійній діяльності за освітніми ролями поданий на рис. 2.5:

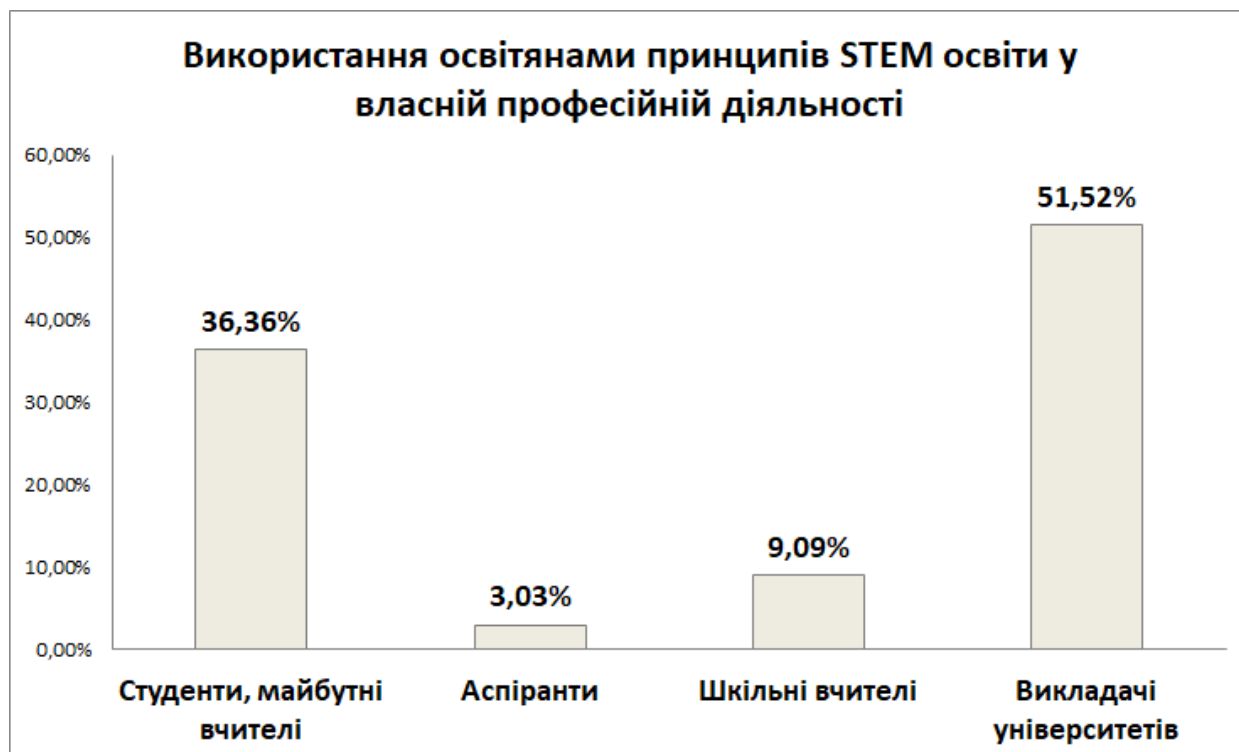


Рис. 2.5. Відповіді на запитання стосовно використання принципів STEM-освіти у власній професійній діяльності, розподілені за освітніми ролями (2019 рік – другий етап дослідження)

(Ресурс: власна розробка [471, с. 539])

Значна кількість позитивних відповідей щодо використання принципів STEM-освіти у професійній діяльності серед студентів – майбутніх учителів (36,36% – 12 осіб) пояснюється тим, що більшість опитаних є студентами-магістрами, які вже працюють у школах.

Таким чином, проведене дослідження показує необхідність ознайомлення українських освітян із принципами STEAM-освіти; розробки відповідних методичних матеріалів для їх перепідготовки та підвищення кваліфікації. Для підготовки майбутніх вчителів та викладачів у даній галузі потрібно розробити нові або включити модулі в існуючі курси, пов'язані із навчанням студентів з використанням принципів STEAM-освіти [471, с. 539-540].

Певні кроки, орієнтовані на поширення STEAM-освіти в Україні, вже зроблено. Зокрема в 2015 році було створено коаліцію STEAM-освіти в Україні, ключовими завданнями якої є [115]:

- профорієнтація;
- реалізація програм для впровадження інноваційних методів навчання у закладах освіти;
- надання можливостей учням та студентам для проведення дослідницької та експериментальної роботи на сучасному обладнанні;
- проведення конкурсів, олімпіад для самореалізації;
- розвиток міжнародного співробітництва.

На 2016-2018 роки був розроблений план заходів щодо впровадження STEAM-освіти в Україні [149], створено робочу групу з питань поширення STEAM-освіти [134; 135]; створено відділ STEM-освіти при Інституті модернізації змісту освіти [33].

У 2020 році затверджено "Концепцію розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)" в Україні до 2027 року, реалізація якої спрямована на модернізацію STEAM-освіти, її широкомасштабне впровадження на всіх рівнях освіти, встановлення партнерства з роботодавцями і науковими установами, їхнє залучення до розвитку природничо-математичної освіти [87].

У Концепції природничо-математична освіта (STEM-освіта) визначається як цілісна система природничої і математичної освітніх галузей, метою якої є розвиток особистості через формування компетентностей, природничо-наукової картини світу, світоглядних позицій і життєвих цінностей з використанням трансдисциплінарного підходу до навчання, що базується на практичному застосуванні наукових, математичних, технічних та інженерних знань для розв'язання практичних проблем для подальшого використання цих знань і вмінь у професійній діяльності [87].

Відповідно до Концепції основними завданнями STEM-освіти є :

- формування навичок розв'язування складних (комплексних) практичних проблем, критичного мислення, креативних якостей та когнітивної гнучкості, організаційних та комунікаційних здібностей, вміння оцінювати проблеми та приймати рішення, готовності до свідомого вибору та оволодіння майбутньою професією, фінансової грамотності, цілісного наукового світогляду, ціннісних орієнтирів, загальнокультурної, технологічної, комунікативної і соціальної компетентностей і математичної та природничої грамотності;
- всебічний розвиток особистості шляхом виявлення її нахилів і здібностей;
- оволодіння засобами пізнавальної та практичної діяльності;
- виховання особистості, яка прагне до здобуття освіти упродовж життя, формування вмінь практичного і творчого застосування здобутих знань.

У процесі використання принципів STEAM-освіти в закладах загальної середньої освіти змінюється звична форма навчання, коли урок побудований навколо вчителя. За STEAM методикою в центрі уваги знаходиться практичне завдання чи проблема. Учні вчаться знаходити шляхи вирішення проблем не в теорії, а на практиці, шляхом спроб та помилок. На відміну від існуючої системи освіти, STEAM-освіта надає учням набагато більше автономності [236, с. 19].

Основною формою впровадження принципів наскрізного STEAM-навчання в умовах формальної освіти є інтегровані уроки. Такі уроки спрямовані на:

- розвиток самостійності, умінь приймати власні рішення та брати за них відповідальність;
- розвиток критичного мислення та формування системи глибоких наукових знань, отриманих в результаті навчання за принципами STEAM. Це також дозволяє учням стати новаторами;
- актуалізацію особистісного ставлення до питань, що розглядаються на уроках;

- активізацію дослідницької, творчої, пошукової діяльності учнів, спрямованої на отримання самостійних результатів під керівництвом учителя;
- встановлення міжпредметних зв'язків, що сприяють формуванню в учнів цілісного наукового світогляду;
- демонстрацію учням можливостей використання набутих науково-технічних знань у процесі виконання реальних практичних завдань.

Ефективність інтегрованих уроків залежить від чіткого визначення мети й планування для різнобічного розгляду певного об'єкта, поняття, явища з використанням знань та умінь, набутих на інших предметах. Особливістю планування і проведення таких інтегрованих, бінарних уроків полягає в тому, що їх може проводити як один учитель, так і кілька [236]. Організаційними формами таких уроків можуть бути квести, конкурси, фестивалі, практикуми, екскурсії тощо.

Отже, STEAM-орієнтований підхід до навчання сприяє популяризації інженерно-технічних професій серед молоді, підвищенню їх обізнаності про можливості їх кар'єри в інженерно-технічній галузі, формуванню стійкої мотивації до навчання дисциплін, на яких ґрунтується STEAM-освіта.

2.3. Аналіз підходів до побудови моделі STEAM-компетентностей

Інтеграція знань та сфер діяльності є однією з сучасних світових тенденцій, що базується на міжпредметних зв'язках. Як було зазначено раніше, основою STEM-освіти є інтеграція природничо-математичних дисциплін та дисциплін інженерно-технічного напрямку - "*STEM-дисциплін*" ("*STEM-предметів*").

Х. Джанг відносить до STEM-дисциплін такі, завдяки яким можна отримати фундаментальну освіту в галузі природничих наук, технологій, інженерії та математики. На його думку, до них належать математика, фізика,

хімія, біологія, інженерні науки, інформатика і комп'ютерні науки, астрономія, географія [372, с. 7].

Розвиток компетентностей у галузі STEM є актуальним на теперішній час у світі. Зокрема, це відображено рекомендаціях ЄС стосовно формування ключових компетентностей для неперервного навчання [296, с. 3; 430, с. 13].

Передумовами для розвитку компетентностей у галузі STEM є математична компетентність і базові компетентності в галузі природничих наук та техніки. Вони визначені в ЄС як ключові для неперервного навчання.

Відповідно до рекомендацій ЄС ці компетентності визначаються, як [296, с. 9; 430, с. 15]:

1. *Математична компетентність* – це вміння розвивати та застосовувати математичне мислення з метою вирішення цілого ряду проблем у повсякденних ситуаціях вдома й на роботі (наприклад, навички фінансових обчислень). Математична компетентність в різній мірі передбачає вміння та готовність використовувати логічне і просторове мислення; дані, подані в математичному вигляді (формули, моделі, графіки, таблично подані дані); користуватися відповідними посібниками, включаючи статистичні дані й графіки; розуміти математичні аспекти цифровізації. Необхідні знання з математики включають ґрунтовні знання про числа, основні операції, структури, розуміння математичних термінів, понять тощо.
2. *Компетентності в галузі природничих наук* стосуються здатності та готовності використовувати сукупність знань та методології для пояснення явищ природного світу з обґрунтуванням висновків, заснованих на доказах, включаючи спостереження, контрольовані експерименти, перевірку гіпотез, в тому числі готовність відкинути власні переконання, якщо вони суперечать новим експериментальним висновкам.
3. *Компетентність у галузі технологій* включають уміння управляти технологічними процесами, машинами, інструментами, а також використовувати наукові дані для досягнення мети, засновані на логічних

доказах та обґрунтованих висновках. Компетентність включає етичні питання, питання безпеки в контексті науково-технічного прогресу стосовно себе, сім'ї, громади і глобальних питань, що повинно давати можливість людям краще розуміти досягнення, обмеження та ризики використання наукових теорій, наслідки застосування технологій у суспільстві в цілому (стосовно прийняття рішень, цінностей, моральних питань, культури тощо).

Крім того, компетентності в галузі природничих наук і технологій (STEM) передбачають також розуміння змін, викликаних діяльністю людини.

В Україні відповідно до Закону України "Про освіту" математична компетентність і компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій також визначені як ключові й повинні формуватися протягом здобуття загальної середньої освіти [157].

В Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), затвердженій в 2020 році, визначено компетентності, на формування яких спрямована STEM-освіта [87]:

- когнітивні навички;
- навички опрацювання, інтерпретації та аналізу даних;
- інженерного мислення;
- науково-дослідницькі навички;
- алгоритмічне мислення та цифрова грамотність;
- креативні якості та інноваційність;
- технологічні навички;
- навички комунікації.

В той же час в Концепції ці компетентності не визначені як STEM-компетентності. Таким чином, вирішення даного питання є актуальним і відкритим для дослідження.

Питанню визначення поняття "*STEM-компетентності*", розробці їх структур і моделей присвячено праці таких українських і зарубіжних дослідників, як Н.В. Морзе, Т.І. Анісімова, Н.Р. Балик, О.А. Барильник-

Куракова, О.В. Барна, М.А. Бойко, Н.В. Валько, Л.М. Гриневич, С.В. Дембіцька, І.В. Коробова, О.С. Кузьменко, В.П. Олексюк, В.В. Осадчий, Ф.М. Сабірова, С.О. Семеріков, О.В. Шатунова, Г.П. Шмигер, Т. Барнабі, С. Баумер, Х. Джанг, С.С. Думареск, А. Зейнеп, І. Каніаватті, А.П. Карнівал, П. Корбел, Т. Корбетт, М. Мелтон, Б.К. Седжаті, К. Сейіт, С. Сейлан, Дж. Сікмен, Н. Сміт, М. Сонг, В.Н. Су, Х. Фірман та ін.

Охарактеризуємо найважливіші з них.

За визначенням ЮНЕСКО *STEM компетентність* - це здатність людини застосовувати знання, уміння й навички зі STEM-предметів належним чином у своєму повсякденному житті, на робочому місці або в освітньому контексті. Ці компетентності не повинні обмежуватися і розвиватися в традиційних межах окремо існуючих галузей знань (наприклад, окремо фізична або інформатична компетентність) [274, с. 11].

Австралійські дослідники Дж. Сікмен, П. Корбел визначають у своїй роботі [455] не STEM-компетентності, а навички у галузі STEM. Вони відносять *навички зі STEM* до технічних, оскільки вважають, що метою їх формування є підвищення здатності людей до адаптації у роботі та/або житті внаслідок швидких темпів розвитку технологій. Таким чином, відповідно до Дж. Сікмен, П. Корбел *навички у галузі STEM* являють собою здатність продукувати наукові знання (на основі математичних навичок) з метою проєктування, створення і побудови інженерних (технічних, технологічних) або наукових продуктів й послуг [455, с. 19].

Подібного підходу дотримуються також і турецькі дослідники А. Зейнеп, К. Сейіт, С. Сейлан. До основних *навичок у галузі STEM* вони відносять: уміння вирішувати інженерні проблеми, інженерний дизайн, окремі компоненти цифрової і соціальної компетентностей, уміння встановлювати відповідність (асоціативні навички), креативність, інноваційність, міжкультурність, гнучкість, адаптивність, підприємливість, комунікацію, співпрацю [449, с. 85].

Одним із методів визначення знань, умінь, навичок у галузі STEM, а також STEM-компетентностей є встановлення зв'язку між професіями з науково-технічних галузей і конкретними компонентами, що їх характеризують.

А.П. Карнівал, М. Мелтон, Н. Сміт одними з перших провели фундаментальне дослідження з визначення поняття "STEM-компетентностей" та їх структури. Їх дослідження "STEM: Science Technology Engineering Mathematics" (США, 2011 рік) [281] базувалось на аналізі бази даних професій діючих працівників у США під назвою *O*NET* (Occupational Information Network – "Професійна інформаційна мережа"), яка на той час містила опис більше 965 професій і відповідних їм компетентностей (когнітивних і некогнітивних). Фокус дослідження був спрямований на аналіз компетентностей, пов'язаних із STEM-професіями.

А.П. Карнівал, М. Мелтон, Н. Сміт визначають *STEM-компетентності* як сукупність основних когнітивних і некогнітивних компетентностей, пов'язаних із STEM-професіями [281, с. 99].

До складових STEM-компетентностей, запропонованими за результатами дослідження, належать [281, с. 8]:

1. Когнітивні STEM-компетентності:

- знання у галузі STEM;
- уміння й навички у галузі STEM;
- здібності до STEM.

2. Некогнітивні STEM-компетентності:

- трудові інтереси;
- трудові цінності.

На рис. 2.6 наведено *складові STEM-компетентностей*, відповідно до запропонованої у [281, с. 8] структури:

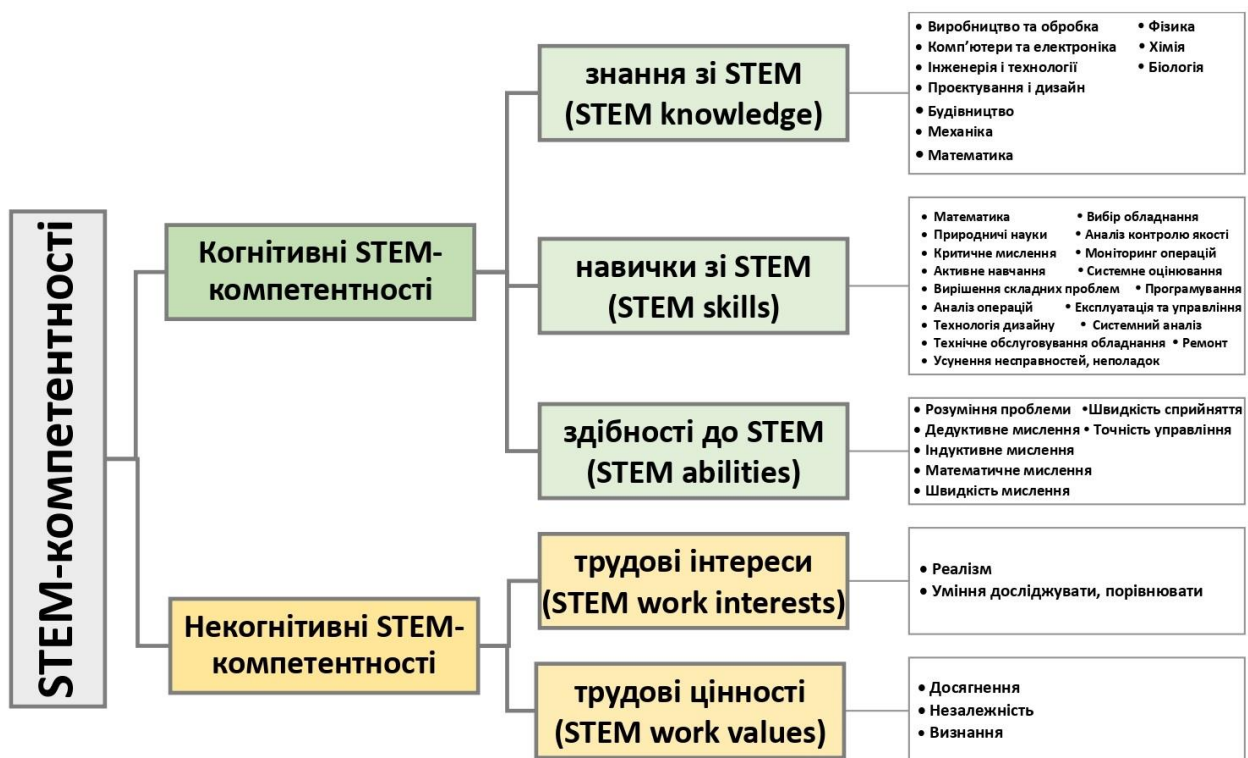


Рис. 2.6. Структура STEM-компетентностей за А.П. Карнівалом, М. Мелтоном, Н. Смітом (США, 2011 р.)
(Ресурс: власна розробка на основі [281, с. 8])

Подібне дослідження з визначення складових STEM-компетентностей, засноване на аналізі бази даних професій O*NET, провів також і Х. Джанг в США у 2014 році [372].

Х. Джанг в структурі STEM-компетентностей виділив 5 груп, кожна з яких, в свою чергу, складається із знань, навичок й умінь і діяльностей [372, с. 17]:

- уміння вирішувати проблеми – категорія "Вирішення проблем" містить 13 компонентів;
- навички соціальної комунікації – категорія "Взаємодія з людьми" містить 18 компонентів;
- технологічні та інженерні уміння – категорія "Робота з технологіями" містить 6 компонентів;
- системні навички – категорія "Робота з організаційними системами" містить 8 компонентів;

- уміння управління часом, ресурсами та знаннями – категорія "Робота з ресурсами" містить 7 компонентів.

Дослідник пояснює такий розподіл тим, що фахівці, які працюють в STEM-професіях, повинні мати компетентності, що виходять за межі природничих наук, технологій, інженерії та математики. Крім цих компетентностей вони повинні вміти вирішувати чітко визначені проблеми (з використанням знань STEM-дисциплін), спілкуватися з іншими професіоналами, розуміти, як вони працюють в організаціях, вміти управляти часом, ресурсами, даними тощо [372, с. 20].

В цілому структура STEM-компетентностей за Х. Джангом містить 52 компоненти, з яких 7 належать до знань, 18 – до навичок і умінь, 27 – до видів діяльностей.

У 2014-2015 рр. в США (регіон Піцбург) проводився дослідницький проєкт з оновлення компетентностей "Remake Learning Competencies" (перегляд навчальних компетентностей), до реалізації якого було залучено понад 100 місцевих експертів з різних предметів, викладачів формального і неформального навчання та керівників програм [433]. У процесі дослідження було створено 7 робочих груп для розробки різних структур компетентностей, а також визначення наскрізних компетентностей.

В рамках цього проєкту групою дослідників було запропоновано 7 структур компетентностей: готовність до кар'єри, програмування та ігри), дизайн і розробка), створення медіаконтенту), робототехніка), STEAM та дошкільна освіта.

Кожна з розроблених структур складається із знань , умінь і навичок та нахилів [435]. Структуру STEAM-компетентностей, запропоновану за результатами цього проєкту, показано на рис. 2.7:

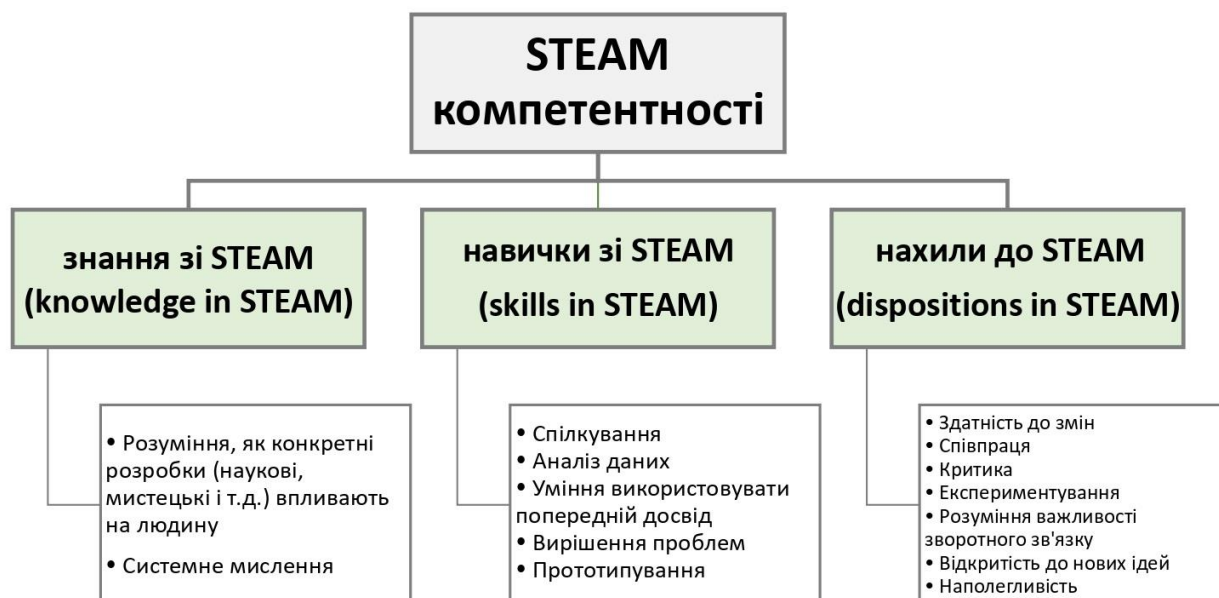


Рис. 2.7. Структура STEAM-компетентностей за результатами проєкту "Remake Learning Competencies" (США, 2014-2015 рр.)

(Ресурс: власна розробка на основі [433])

Питанням визначення поняття "STEM-компетентності" та їх складових приділяють увагу й українські дослідники.

Н.В. Валько [29, с. 192] визначає *STEM-компетентність майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін* як інтегративне утворення, структура якого включає знанняву, діяльнісну та ціннісно-мотиваційну складові.

У дослідженні [47] Н.В. Морзе, Л.М. Гриневич і М.А. Бойко визначено складові STEAM-компетентності, до яких автори відносять:

- математичну компетентність;
- компетентність у природничих науках;
- інформаційно-цифрову компетентність;
- громадянську та соціальну компетентність;
- культурну компетентність;
- екологічну грамотність;
- підприємливість;
- володіння іноземною мовою.

Як компоненти STEAM-компетентностей авторами покладено в основу дослідження Х. Джанга [372].

Н.Р. Балик, О.В. Барна, В.П. Олексюк, Г.П. Шмигер розглядають *STEM-компетентність* як динамічну систему знань та вмінь, способів мислення, цінностей та особистих якостей, що визначають здатність до інноваційної діяльності: готовність до вирішення складних проблем, критичне мислення, креативність, організаційні здібності, когнітивна гнучкість, робота в команді, емоційний інтелект, оцінка та прийняття рішень, здатність ефективно взаємодіяти та вести переговори [268].

Авторами розроблено *модель STEM-компетентностей для професійної підготовки вчителів та навчання впродовж життя*, що базується на моделі Х. Джанга [372].

Запропонована модель містить чотири групи компетентностей (уміння вирішувати проблеми, комунікаційні навички, технологічні та інженерні уміння, системні навички, уміння управляти ресурсами, кожна з яких складається із знань, умінь і навичок та діяльності. Основні компоненти зазначеної моделі наведено в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1

Модель STEM-компетентностей для професійної підготовки вчителів та навчання впродовж життя

Категорії	Вирішення проблем	Робота з людьми	Робота з технологіями	Робота з організаційною системою
ЗНАННЯ	математика, інформатика, природничі науки, іноземна мова	знання закономірностей, принципів та методів викладання, оцінювання результатів навчання, зворотній зв'язок, знання лідерських технологій, знання технологій колективної роботи	інформатика основи мікроелектроніки	знання принципів управління

Категорії	Вирішення проблем	Робота з людьми	Робота з технологіями	Робота з організаційною системою
уміння й навички	критичне мислення вирішення складних проблем креативне мислення	комунікаційні навички уміння працювати в команді соціальний інтелект емоційний інтелект	встановлення обладнання програмування (комп'ютерні мережі та системне адміністрування)	системний аналіз системне оцінювання прийняття рішень
діяльність	інформаційний аналіз оцінювання інформації пошук рішення перевірка та експериментальне підтвердження	формування команд управління конфліктами коучинг та розвиток інших робота в команді	взаємодія з комп'ютерами опрацювання даних перевірка обладнання, конструкцій або матеріалів	розробка цілей та стратегій моніторинг процесів, матеріалів або середовища робота з ресурсами
STEM-компетентності	<i>уміння вирішувати проблеми</i>	<i>комунікаційні навички</i>	<i>технологічні та інженерні уміння</i>	<i>системні навички, уміння управляти ресурсами</i>

(Ресурс: власна розробка на основі [268, с. 7-8])

Кожний з компонентів моделі з таблиці 2.1 автори [268] визначили відповідно до професійних компетентностей і потреб вчителів.

В той же час, до базових компонентів STEM-компетентностей різні дослідники [11; 372; 421] також відносять:

- уміння визначати проблему;
- уміння формулювати дослідницьке завдання та визначати шляхи його вирішення;
- здатність застосовувати знання в різних ситуаціях;
- розуміння інших точок зору при вирішенні проблем;
- здатність вирішувати проблему нестандартно;
- здатність застосовувати навички мислення вищого порядку.

Слід зазначити, що більшість з наведених компонентів є складовими дослідницької компетентності.

Таким чином, узагальнюючи підходи до визначення поняття "STEM/STEAM-компетентності", розглянуті вище, визначимо **STEAM-компетентності** як: *здатність особистості використовувати знання, уміння*

й навички в галузі STEAM-предметів, а також способи мислення, цінності, особисті якості, завдяки яким людина може застосовувати ці знання, уміння й навички належним чином на робочому місці, в освіті, у своєму повсякденному житті для ефективного виконання технічних і/або професійних задач, в тому числі для здійснення інноваційної діяльності у галузі STEAM.

Аналізуючи компоненти розглянутих вище структур і моделей STEM/STEAM-компетентностей, слід зазначити, що кожна з них, крім знань, умінь і навичок у галузі STEM/STEAM, містить *діяльнісну і/або ціннісно-мотиваційну* складові.

До останніх належать такі компоненти STEAM-компетентностей, як: критичне та креативне мислення, управління ресурсами, уміння працювати в команді, вирішення складних проблем, інженерне мислення, алгоритмічне мислення, системне оцінювання і т.д. Значна кількість цих компонентів є характеристиками і якостями особистості, які належать до *гнучких навичок* (див. п. 1.2.4). Таким чином, логічним є їх об'єднання в окрему групу.

Крім того, до компонентів проаналізованих вище структур STEM/STEAM-компетентностей належать такі, які пов'язані з дослідницькою діяльністю, що є характерною особливістю для STEM-предметів. Таким чином, дослідницька компетентність безумовно буде складовою STEAM-компетентностей.

При побудові структури STEAM-компетентностей необхідно також враховувати ключові компетентності (громадянська, соціальна компетентність, екологічна грамотність і т.д.), оскільки великі інженерні винаходи, технічні відкриття, значні досягнення науково-технічного прогресу дуже часто використовуються людством для деструктивних цілей, що призводить до небажаних наслідків, катастроф, іноді й планетарного масштабу. Тому надзвичайно важливим є виховання свідомих громадян, які розуміють наслідки своєї діяльності.

На основі аналізу наведених вище структур і моделей STEM/STEAM-компетентностей, досвіду впровадження STEAM-освіти провідних українських, зарубіжних вчених і практиків, а також власного досвіду нами було побудовано *узагальнену структуру STEAM-компетентностей*, показану на рис. 2.8:



Рис. 2.8. Узагальнена структура STEAM-компетентностей

(Ресурс: власна розробка)

В той же час, актуальним питанням сьогодення є визначення структури STEAM-компетентностей для вчителів. Підготовка вчителів (викладачів), які здатні успішно викладати STEAM-предмети, є вкрай важливою для формування в учнівської молоді наукового світогляду й розвитку наукового потенціалу країни в цілому. Про це також зазначено і у дослідженні [455].

Крім того, у процесі побудови моделей STEAM-компетентностей слід розуміти, що модель для вчителів буде відрізнятися складовими та рівнем сформованості компетентностей від відповідних моделей STEAM-компетентностей вчених, інженерів, кваліфікованих робітників галузі STEAM і т.п.

Т.І. Анісімова, Ф.М. Сабірова, О.В. Шатунова вважають, що у процесі підготовки вчителів для STEAM-освіти необхідно не тільки поєднувати дисципліни і практики галузі STEAM (природничі й інженерні науки, технології, дизайн/мистецтво, математику), а й включати педагогіку і психологію [258, с. 208]. Це говорить про те, що в структуру STEAM-компетентностей вчителів повинна входити і компетентність, пов'язана з їхньою професійною діяльністю, тобто методична компетентність. В той же час, дисципліни інженерного блоку повинні бути зосереджені на розвитку дизайнерських і дослідницьких компетентностей майбутніх учителів, зокрема навичок проєктування та моделювання, необхідних їм для підготовки інженерів [258, с. 208].

В структуру STEM-компетентностей, запропоновану Т. Барнабі, С. Баумер, С.С. Думареск, Т. Корбетт, крім змісту, навичок і здібностей, включено навчальні практики та оцінювання, до яких належать компоненти методичної компетентності (такі, наприклад, як розробка, впровадження і аналіз STEM-уроків та відповідна методологія; залучення студентів до цілеспрямованого використання навчальних технологій на основі знань, умінь, навичок у галузі STEM для розкриття їх творчих здібностей і потенціалу й т.п.) [293, с. 4-5].

Б.Х. Кім, Дж. Кім у [378, с. 1918] розглядають так звану "*викладацьку компетентність у STEAM-освіті*", яка фактично є методичною компетентністю. До її основних компонентів вони відносять: розуміння предметів, методи викладання і навчання, мотивацію учнів до навчання,

розуміння навчальних потреб учнів, створення навчальних середовищ й умов для навчання, оцінювання навчальних досягнень учнів та ін.

Міркування стосовно включення в структуру STEAM-компетентностей для вчителів методичної компетентності підтверджуються також і результатами проведеного нами дослідження. Для з'ясування цього автором було проведено діагностичне опитування українських освітян (у 2020 році), в якому взяло участь 101 українських освітян. Онлайн опитування було розроблено за допомогою Google Forms (українською мовою). Окремі результати опитування наведено на рис. 2.9:

3.: Оцініть за шкалою від 0 до 5, наскільки важливою є кожна із запропонованих складових для формування STEAM-компетентностей у вчителів (0 - неважлива, 5 - дуже важлива).

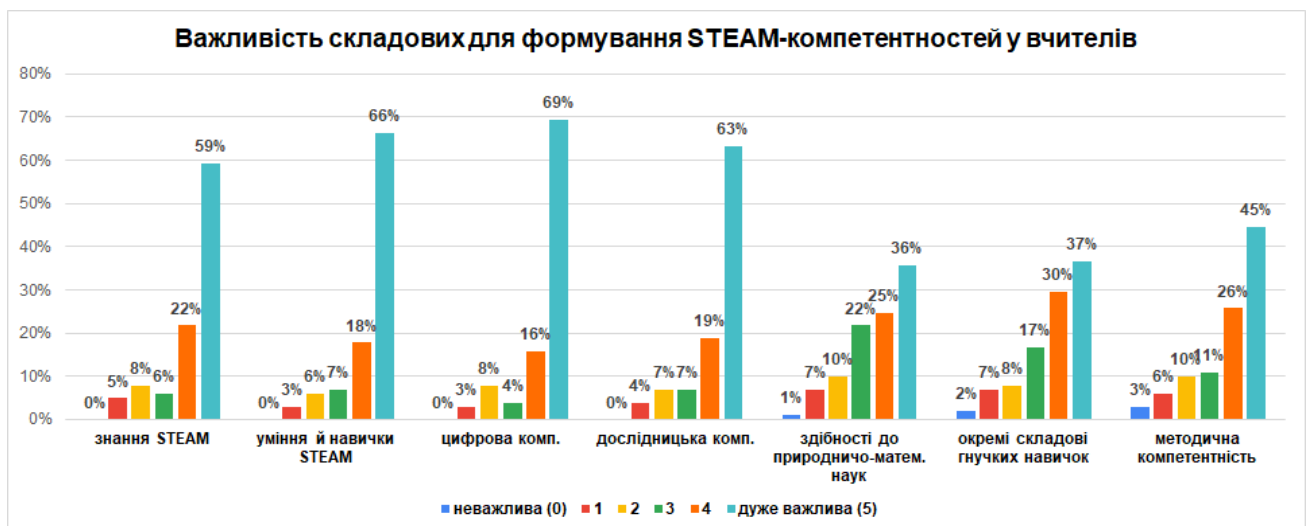


Рис. 2.9. Відповіді на запитання щодо важливості складових для формування STEAM-компетентностей у вчителів

(Ресурс: власна розробка)

З рис. 2.9 видно, що 45% респондентів оцінили методичну компетентність як дуже важливу. Це означає також, що у освітян є розуміння того, що вчителі STEAM-предметів повинні не тільки мати ґрунтовні знання, умінь й навички у галузі STEAM, а й володіти відповідними методиками їх навчання.

Таким чином, на основі проведеного аналізу складових, які можуть належать до STEAM-компетентностей вчителів, та з урахуванням побудованої вище узагальненої структури STEAM-компетентностей (див. рис. 2.8) нами розроблена *узагальнена модель STEAM-компетентностей вчителів* (рис. 2.10):

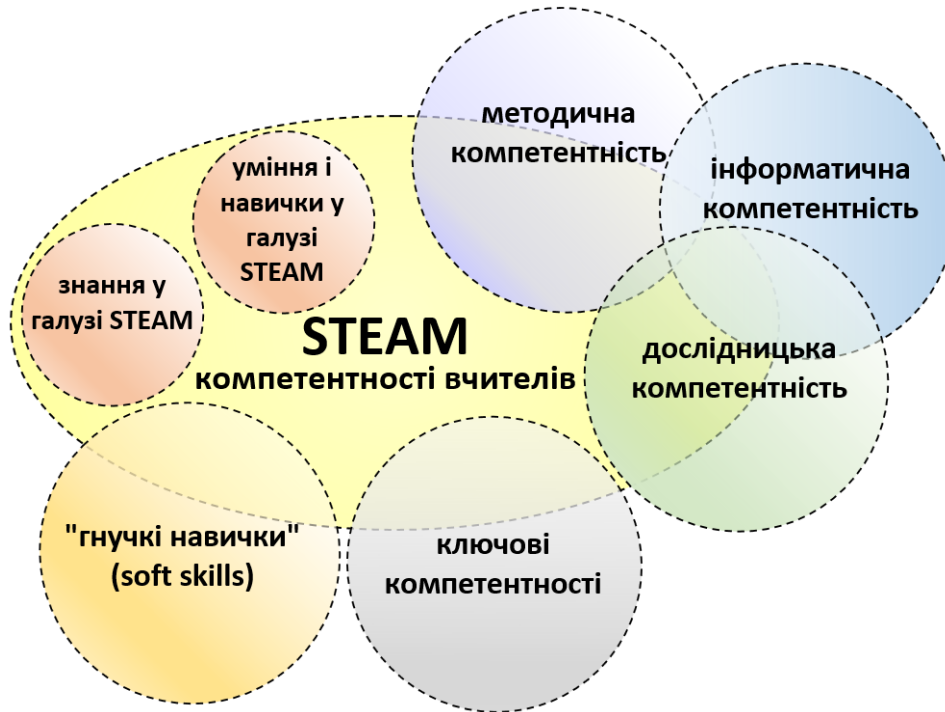


Рис. 2.10. Узагальнена модель STEAM-компетентностей вчителів
(Ресурс: власна розробка)

Наведемо основні компоненти складових запропонованої моделі у таблиці 2.2:

Таблиця 2.2

Узагальнена модель STEAM-компетентностей для вчителів

Назва складової STEAM-компетентностей	Основні компоненти
<i>Знання у галузі STEAM</i>	математика, технології, інженерні науки, проєктування, моделювання, природничі науки (фізика, астрономія, хімія, біологія, географія), іноземна (англійська) мова, основи дизайну
<i>Уміння й навички у галузі STEAM</i>	математичні навички; технологічні навички, інженерне проєктування (визначення потреб, проєктування, прототипування і виготовлення моделей); технічне

Назва складової STEAM-компетентностей	Основні компоненти
	<p>обслуговування обладнання; подання явищ реального світу за допомогою різноманітних наукових, математичних, технологічних та інженерних моделей; дослідження основних фундаментальних концепцій і принципів науки, техніки, технологій, математики через зв'язки з іншими галузями (історією, мовою, мистецтвом, культурою тощо); використання математичних і наукових принципів, міркувань для прогнозування результатів, вирішення технологічних та технічних проблем; проектування і використання різних ресурсів (даних, матеріалів, засобів) для безпечного та ефективного вирішення проблем, що вимагають інтеграції концепцій, методів і навичок з різних дисциплін; здійснення моніторингу</p>
<i>Дослідницька компетентність</i>	<p>уміння визначати проблему; уміння формулювати дослідницьке завдання та визначати шляхи його вирішення; планування діяльності; уміння досліджувати, порівнювати; здатність застосовувати знання в різних ситуаціях; розуміння інших точок зору при вирішенні проблем; здатність вирішувати проблему нестандартно; перевірка та експериментальне підтвердження результатів дослідження; інженерне і дизайнерське мислення, системний аналіз, системне оцінювання</p>
<i>Методична компетентність</i>	<p>розуміння принципів STEAM-освіти як інтегрованого підходу в різних дисциплінах; розробка навчальних програм зі STEAM (або дисциплін галузі STEAM); розробка, впровадження і аналіз STEAM-уроків; знання закономірностей, принципів та методів викладання і навчання STEAM, в т.ч. методів, що підтримують мислення вищого порядку і творче вирішення проблем; мотивація учнів до навчання STEAM, розуміння навчальних потреб учнів, створення навчальних середовищ і умов для навчання STEAM, оцінювання результатів навчання</p>
<i>Інформаційно-комунікаційна компетентність</i>	<p>знання з інформатики, необхідні для предметної галузі, отримання даних з різних джерел, їх аналіз, опрацювання та інтерпретація; алгоритмічне мислення, використання цифрових технологій у предметних галузях STEAM</p>
<i>Гнучкі навички</i>	<p>критичне мислення, креативне мислення, комунікаційні навички, відповідальність, уміння працювати в команді, мотивація членів команди, уміння вирішувати складні проблеми, прийняття рішень, відкритість до нових ідей, уміння управляти ресурсами</p>
<i>Окремі ключові компетентності</i>	<p>уміння вчитися, громадянська компетентність, соціальна компетентність, екологічна грамотність, підприємливість</p>

2.4. Перспективні напрями розвитку STEAM-освіти

Світова економіка і розвиток нашої країни рухаються у напрямку інновацій. Ключовими вимогами до такої трансформації є підготовка молоді до створення інновацій. Для того, щоб бути процвітаючою й успішною в наступні десятиліття, економіка нашої країни повинна опиратись на високопродуктивну науку та дієву інноваційну систему. Саме тому в умовах глобалізації стратегія розвитку України повинна ґрунтуватися на таких засадах.

Для досягнення поставлених цілей необхідна ефективна взаємодія економіки, науки, освіти, а також залучення інноваційних технологій до всіх сфер діяльності суспільства [236, с. 7]. Як було зазначено вище, одним із шляхів досягнення цього є впровадження принципів STEAM-освіти у навчальний процес закладів освіти.

Для того, щоб підготувати молодь до майбутніх професій у галузі високих технологій, до основних складових STEAM-освіти важливо також залучати й сучасні галузі, що на теперішній час швидко розвиваються. Попередні дослідження, зокрема й наведені у розділі 1, пп. 1.1, 1.2.2, підтверджують, що до таких напрямів належать робототехніка та 3D технології (рис. 2.11):

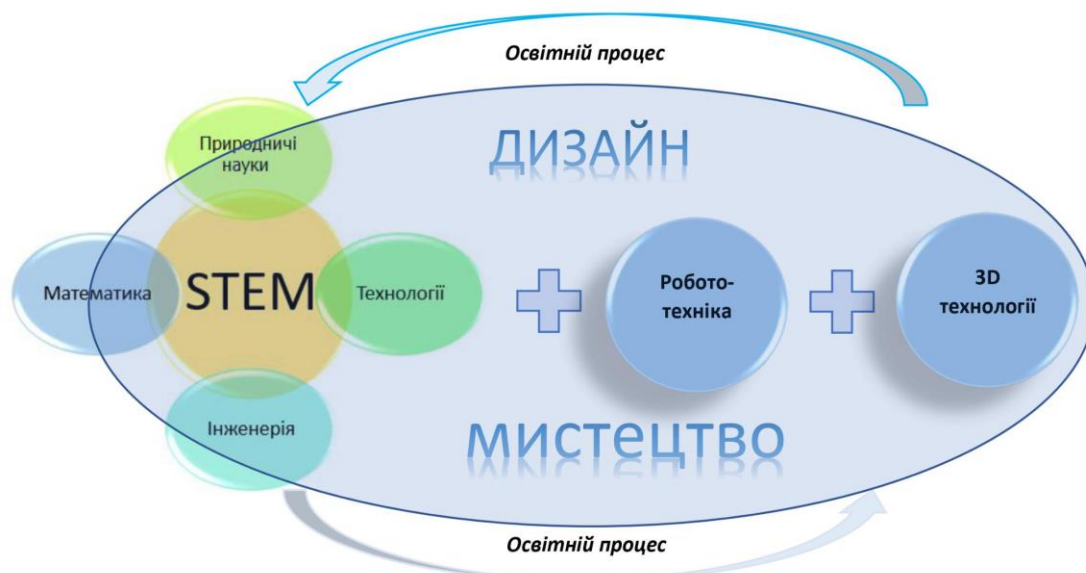


Рис. 2.11. Робототехніка та 3D технології як перспективні напрями розвитку STEAM освіти

(Ресурс: власна розробка [471, с. 542])

Робототехніка та 3D технології є популярним та ефективним методом для вивчення важливих галузей природничих, технічних наук, конструювання й базується на активному використанні сучасних цифрових технологій у виробництві й високому інтелектуальному рівні фахівців, які будуть працювати в умовах інноваційної економіки [190, с. 103].

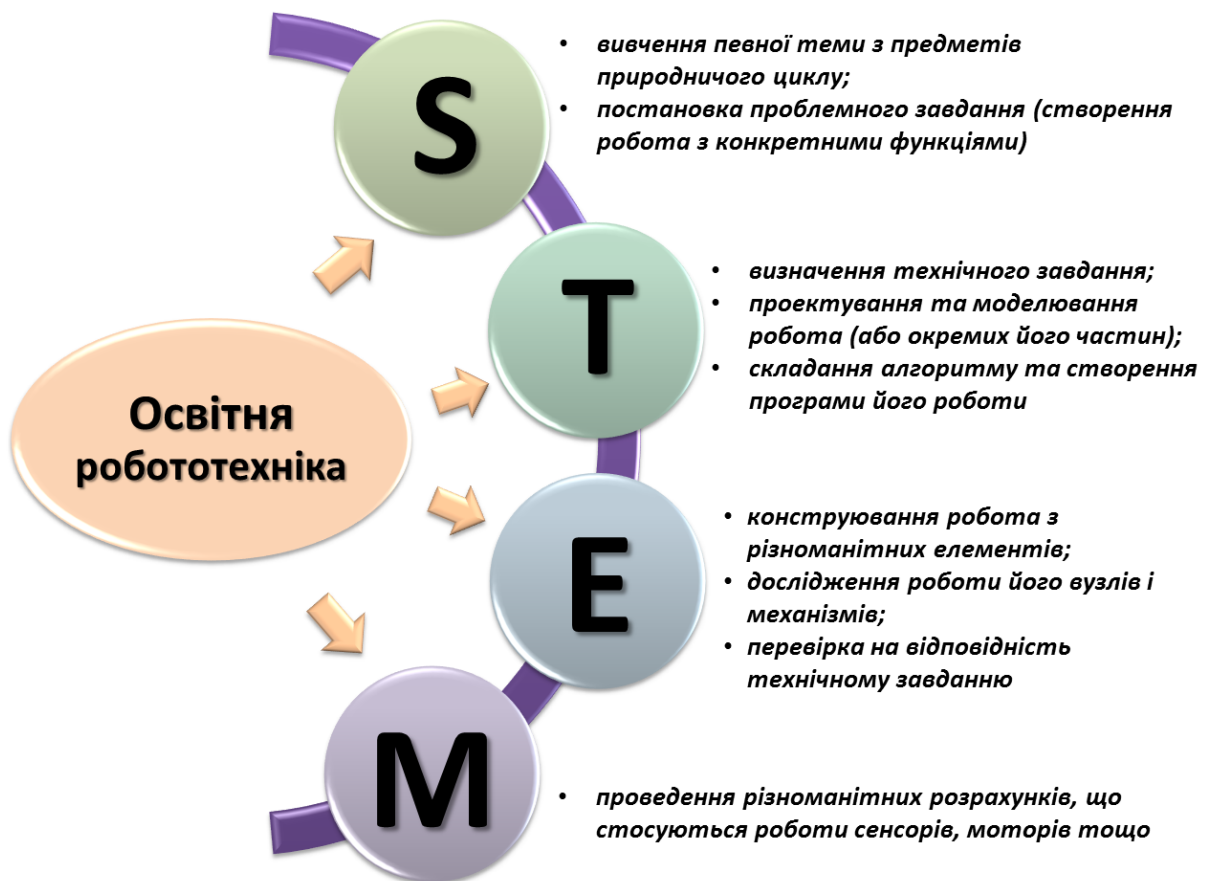
Робототехніка є одним з напрямів розвитку сучасної STEAM-освіти. Навчання за допомогою робототехніки надає можливість учням і студентам вирішувати реальні життєві проблеми, які потребують знань STEAM-предметів [128, с. 182], зокрема:

- *математики* (просторові поняття, геометрія – для розуміння способів руху роботів);
- *фізики* (електроніка, принципи роботи датчиків, сенсорів, що є основою роботів);
- *технологій та дизайну* (дизайн пристроїв, частин роботів, їх друк на 3D принтері, конструювання роботів);
- *інформатики та ІКТ* (програмування робототехнічних систем).

Про мультидисциплінарний аспект освітньої робототехніки, за допомогою якої реалізується інтегрований підхід до навчання STEM, також зазначено і в [440].

Інтеграція 3D технологій та робототехніки у навчальному процесі ефективно реалізується через проєктну діяльність, застосування якої сприяє формуванню в учнів і студентів навичок роботи в команді, розвитку самостійної пошукової та творчої діяльності, формуванню міжпредметних компетентностей.

Таким чином, робототехніка є ефективним та потужним інструментом для навчання через проєктну діяльність, в якій STEM, програмування, технічна творчість інтегруються в один проєкт. Це сприяє впровадженню принципів STEM-освіти, яка поєднує в собі міждисциплінарний та проєктний підхід. Навчання робототехніки надає учням та студентам можливість за допомогою моделювання та конструювання досліджувати, як технології працюють в реальному житті [209; 228; 334], рис. 2.12:



*Рис. 2.12. Реалізація міжпредметних зв'язків робототехніки із
STEM-предметами*

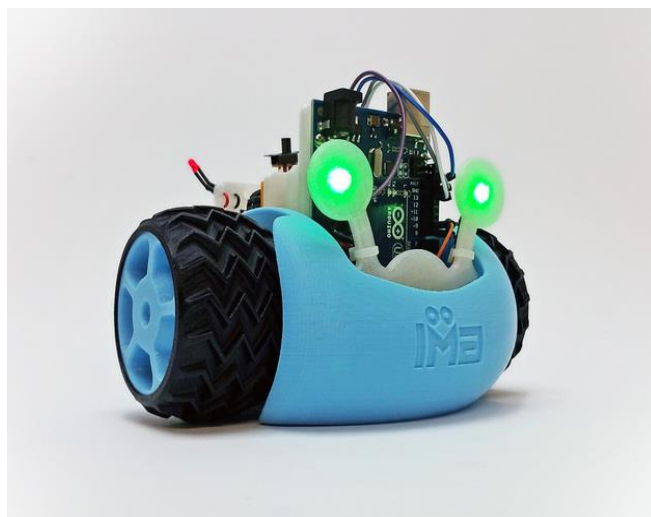
(Ресурс: власна розробка [209, с. 128])

Наведемо приклад використання 3D технологій та робототехніки у процесі реалізації дослідницького навчального STEAM проекту для створення робота, надрукованого на 3D принтері [190, с. 103].

Для реалізації подібних дослідницьких проєктів пропонується використовувати вільнопоширювані матеріали відкритих платформ для 3D друкування та робототехніки.

Однією з таких відомих міжнародних спільнот дизайнерів, які досліджують, створюють і поширюють 3D моделі, є відкрита платформа **Thingiverse** (*thingiverse.com*). В рамках підтримки відкритої платформи всі проєкти мають ліцензію *Creative Commons*, яка означає, що кожен може використовувати або змінювати будь-який вже розроблений дизайн 3D моделі.

Дослідницький проєкт включає в себе дизайн, друкування частин робота *Juno Rover* (Рис. 2.13) на 3D принтері, його конструювання та програмування на базі робототехнічної платформи *Arduino*.



*Рис. 2.13. Зовнішній вигляд робота Juno Rover, сконструйованого на основі
робототехнічної платформи Arduino*

(Ресурс: за даними проєкту "Juno Rover: intro to electronics and coding",

URL: <https://www.thingiverse.com/thing:1720394> [374], (дата звернення: 17.05.2020))

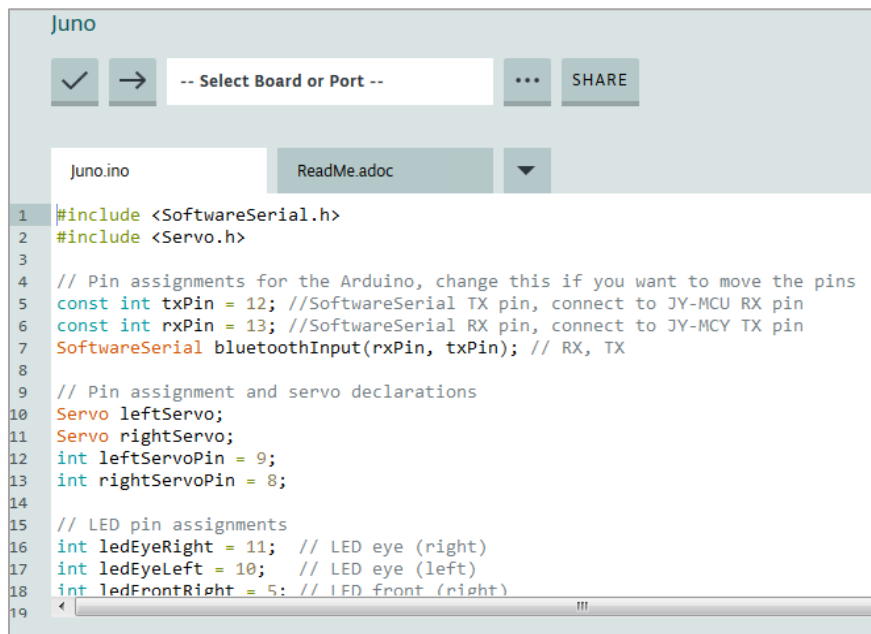
Дизайн робота здійснюється з використанням програмного комплексу *SolidWorks*. Особливістю робота є те, що його 3D частини оптимізовані та розроблені для друкування на будь-якому настільному 3D принтері.

Робота в дослідницькому проєкті розпочинається з друкування деталей робота на 3D принтері. Орієнтовний загальний час друкування для робота Juno Rover становить 15 годин. Учасники проєкту друкують корпус, панелі, колісні диски та покришки. Покришки бажано друкувати зі спеціального гнучкого пластику Elasthan [190, с. 104].

У нижній частині корпусу робота передбачено відсік для батарейок, а в його верхній частині знаходяться слоти для панелей. Використовуючи безкоштовну онлайн версію продукту *SolidWorks*, учасники проєкту також можуть розробити дизайн додаткових модулів робота, розширюючи його функції. Ці модулі можна встановлювати у слоти на панелі та підключатися до робототехнічної платформи *Arduino Uno*.

Для збірки робота також використовуються електронні на суміжні плати: *Arduino Uno*, bluetooth модуль, перемикач, LEDs, тримач для 4xAA батарейок, спінові з'єднувачі, термозбіжна трубка, пластиковий хомут тощо.

Після вдалої збірки починається етап програмування. Програмування робота Juno Rover можна здійснити за допомогою смартфона через модуль bluetooth, під'єданого до платформи *Arduino Uno*. Програмування "поведінки" робота можна здійснювати за допомогою онлайн веб-редактора *Arduino* (www.arduino.cc). Тут зручно зберігати усі розробки в хмарному середовищі, оскільки всі вбудовані бібліотеки *Arduino* доступні з хмарного середовища [190, с. 104]. Приклад коду для програмування робота Juno Rover, сконструйованого на основі робототехнічної платформи *Arduino Uno*, показано на рис. 2.14:



```
Juno
-- Select Board or Port --
Juno.ino
ReadMe.adoc
1 #include <SoftwareSerial.h>
2 #include <Servo.h>
3
4 // Pin assignments for the Arduino, change this if you want to move the pins
5 const int txPin = 12; //SoftwareSerial TX pin, connect to JY-MCU RX pin
6 const int rxPin = 13; //SoftwareSerial RX pin, connect to JY-MCY TX pin
7 SoftwareSerial bluetoothInput(rxPin, txPin); // RX, TX
8
9 // Pin assignment and servo declarations
10 Servo leftServo;
11 Servo rightServo;
12 int leftServoPin = 9;
13 int rightServoPin = 8;
14
15 // LED pin assignments
16 int ledEyeRight = 11; // LED eye (right)
17 int ledEyeLeft = 10; // LED eye (left)
18 int ledFrontRight = 5; // LED front (right)
19
```

Рис. 2.14. Приклад коду для програмування робота Juno Rover, сконструйованого на основі робототехнічної платформи Arduino Uno (Ресурс: власна розробка [400, с. 23])

Успішне виконання проєкту завершується [190, с. 105]:

- конструюванням робота;
- працюючим кодом, запускаючи який робот рухається вперед, назад і здійснює повороти;
- розробкою повної документації проєкту;
- розробкою дизайну додаткових модулів для робота (за необхідності).

Інші приклади подібних проєктів, апробовані автором, наведено у роботах [128; 400] – для шкільної освіти та у [471] – для університетської освіти.

Отже, питання впровадження базових знань з робототехніки та 3D технологій у шкільну та університетську освіту на теперішній час набуває особливого значення, оскільки дозволить реалізувати підготовку фахівців до майбутніх професій, які ще не існують сьогодні.

Для цього необхідне не тільки оновлення змісту шкільної освіти відповідно до вимог сьогодення, а й педагогічні кадри. У зв'язку з цим актуальною є розробка освітніх програм для підготовки майбутніх учителів у

галузі робототехніки та 3D технологій через удосконалення навчальних планів підготовки студентів природничих дисциплін [190, с. 105].

Шляхами впровадження робототехніки та 3D технологій як перспективних напрямів розвитку STEAM-освіти можуть бути:

- *для шкіл* – інтегровані (факультативні) курси з робототехніки та 3D технологій або включення подібних STEAM проєктів до шкільного курсу інформатики та/або технологій;
- *для університетів* – навчання робототехніки та 3D технологій окремими дисциплінами та/або блоками дисциплін, реалізація дослідницьких проєктів на основі робототехніки і 3D технологій.

Висновки до розділу 2

1. Тенденції розвитку сучасних цифрових технологій призводять до необхідності швидкої зміни затребуваних на ринку праці професій і, відповідно, професійних вимог до компетентностей фахівців. Більшість цих компетентностей пов'язано із STEM/STEAM галузями, у зв'язку з чим виникає необхідність впровадження концептуальних основ STEM/STEAM-освіти у навчальний процес закладів освіти.
2. Основною метою впровадження STEAM-освіти є розширення можливостей молоді шляхом забезпечення (розвитку) технічної та природничо-наукової освіти (на основі встановлення взаємозв'язків між STEAM-галузями) з урахуванням необхідності формування в учнів критичного і креативного мислення. Цей підхід важливо застосовувати від початкової школи до вищої освіти для забезпечення країни чотирма категоріями інтелектуальних інвестицій, до яких належать: креативні вчителі та викладачі, здатні успішно викладати STEAM-предмети; вчені, інженери та IT-фахівці, які досліджують і розвивають технологічний прогрес, необхідний для економічного успіху країни та вирішення глобальних проблем; досвідчені в

технологічному плані працівники, здатні створювати, проєктувати, підтримувати та експлуатувати складні технологічні інновації; науково та технологічно грамотні громадяни, які можуть критично досліджувати, розуміти, відповідати на виклики для удосконалення навколишнього середовища. STEAM-орієнтований підхід до навчання сприяє популяризації інженерно-технічних професій серед молоді, підвищенню їх обізнаності про можливості їх кар'єри в інженерно-технічній галузі, формуванню стійкої мотивації до навчання дисциплін, на яких ґрунтується STEAM-освіта.

3. Для підготовки молоді до майбутніх професій у галузі високих технологій до основних складових STEAM-освіти важливо також залучати й сучасні галузі, що на теперішній час швидко розвиваються. До таких напрямів належать робототехніка та 3D технології, оскільки вони є популярним та ефективним методом для вивчення важливих галузей природничих, технічних наук, конструювання й базуються на активному використанні сучасних цифрових технологій у виробництві й високому інтелектуальному рівні фахівців, які будуть працювати в умовах інноваційної економіки. Навчання за допомогою робототехніки та 3D технологій надає можливість учням і студентам вирішувати реальні життєві проблеми, які потребують знань STEAM-предметів.
4. Важливими поняттями, пов'язаними із STEAM-освітою є інтеграція та міждисциплінарність. Результатом інтеграції може бути впровадження окремого навчального предмету STEAM/Science або ж певні зміни у навчальному плані кожного зі STEAM-предметів на основі впровадження інновацій, посилення практичної компоненти у вирішенні проблем реального світу. Таким чином, виникає необхідність підготовки сучасного вчителя до навчання STEM/STEAM; до розробки, впровадження і використання міждисциплінарних навчальних програм, проєктів, уроків. Одним із шляхів реалізації цього є розвиток у вчителів компетентностей у галузі STEAM. На основі вивчення питань, пов'язаних з підходами до

побудови структур і моделей STEM/STEAM-компетентностей, визначено, що до основних складових STEAM-компетентностей вчителів належать: знання, уміння, навички у галузі STEAM, дослідницька, інформаційно-комунікаційна і методична компетентності, гнучкі навички, окремі компоненти ключових компетентностей.

5. У зв'язку зі зміною традиційних видів діяльності систему освіти необхідно змінювати. Вона повинна не тільки відповідати тенденціям розвитку суспільства і потребам особистості для швидкого реагування на динамічні зміни соціального устрою, а й мати випереджальний характер. В Україні елементи STEAM-освіти все частіше включаються в освітній процес, однак, на теперішній час – це, в основному, неформальна і позашкільна STEAM-освіта (олімпіади природничо-математичного спрямування, діяльність Малої академії наук, наукові конкурси і заходи для учнів та студентів, наукові пікніки, хакатони тощо). Саме тому розвиток STEAM-освіти та її напрямів на теперішній час є важливим і пріоритетним для України.
6. Основні результати дослідження, розглянуті у другому розділі роботи, відображено в публікаціях [128; 190; 191; 198; 203; 400; 471].

Розділ 3. Теоретичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки

3.1. Сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі

Сучасний етап розвитку науки й техніки характеризується зростанням популярності робототехніки та розширенням сфери використання роботів.

Відповідно до "Ініціативи у галузі цифрової трансформації", прийнятої в 2015 році на Всесвітньому економічному форумі в Давосі, **робототехніка** є одним з ключових напрямів технологічних інвестицій для цифрової трансформації ЄС [322], (див. п. 1.2.5, рис. 1.16).

Подібні тенденції розвитку робототехнічної галузі продовжуються й надалі: за результатами Всесвітнього економічного форумі в Давосі в 2018 році було визначено сім ключових технологій, які, за прогнозами, матимуть найбільший вплив на трансформацію промисловості в найближчому майбутньому [321]. З них 3 з 7 технологій безпосередньо пов'язані з робототехнікою, а саме: *автономні транспортні засоби, технології інтернету речей та під'єднані пристрої, роботи й дрони* (див. п. 2.1).

Аналіз світових тенденцій розвитку робототехнічної галузі показує [187]:

- зростання обсягу виробництва промислових, службових роботів, а також роботів для домашнього використання [339; 360];
- прискорення темпів зростання виробництва промислових роботів у період з 2019 року по 2021 рік (за орієнтовними оцінками Міжнародної федерації робототехніки темпи прискорення до 14% в середньому на рік) [339, с. 21];
- впровадження робототехнічних механізмів і комплексної автоматизації виробництва в багатьох галузях суспільної діяльності (промисловість, військова, космічна, автомобільна галузі, авіація, медицина, сфера обслуговування, побут тощо) [208, с. 181; 484, с. vii];

- розвиток так званих "**розумних фабрик**" як однієї із складових концепції "*Індустрія 4.0*", головною ідеєю якої є розвиток та інтеграція автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему з мінімальним або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес. "*Розумна фабрика*" (*Smart Factory*) – це завод, обладнання на якому автоматизоване, управляється комп'ютером і яке може отримувати зворотні дані про стан об'єкта у фізичному просторі за допомогою сенсорів [353, с. 8, с. 10];
- прискорення швидкості автоматизації виробництва у найближчі 6 років (за даними досліджень Всесвітнього економічного форуму до 2025 року значно зміниться співвідношення у розподілі праці "людина-робот" у бік роботизації), рис. 3.1, [484];

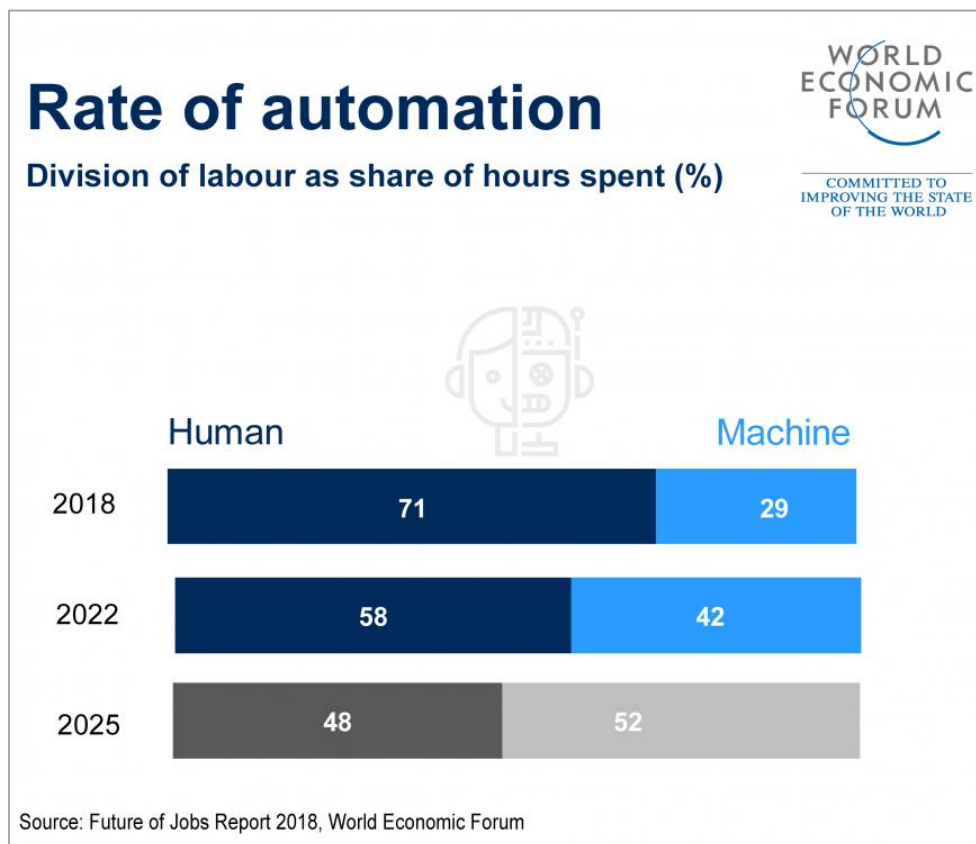


Рис. 3.1. Динаміка зміни співвідношення у розподілі праці "людина-робот" до 2025 року у зв'язку з прискоренням швидкості автоматизації виробництва

(Ресурс: за даними Всесвітнього економічного форуму: *Future of Jobs Report 2018* [484],
URL: <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2018/wp-content/blogs.dir/139/mp/image-cache/site/5/future-jobs-augmentation.01ed83b9395f90797631c3f24799377f.png>

(дата звернення: 01.03.2020))

- збільшення інтересу найбільших світових компаній до робототехнічних стартапів. Зокрема, на початку 2014 року корпорація Google придбала вісім компаній, які займаються інтелектуальною робототехнікою. В 2019 році компанія Google запровадила платформу **Google Cloud Robotics**, в якій поєднуються хмарні технології, робототехніка та технології штучного інтелекту. Основним призначенням веб-платформи є створення відкритої екосистеми рішень для автоматизації з використанням пов'язаних з хмарою роботів, що працюють у спільному середовищі [300; 349];
- зростання попиту на спеціалістів робототехнічної галузі в цілому, оскільки вже зараз існує нагальна потреба у фахівцях для розробки, конструювання та програмування роботів [484]. Аналіз тенденцій розвитку майбутніх професій, пов'язаних з робототехнікою, наведено у п. 1.2.3 [347].

Обґрунтуємо детальніше наведені аргументи.

Дані всесвітнього робототехнічного звіту Міжнародної федерації робототехніки (*IFR – International Federation of Robotics*) за 2018 рік (жовтень 2018 р., м. Токіо, Японія) свідчать про те, що робототехніка є однією з галузей у світі, яка на теперішній час розвивається найінтенсивніше.

Результати робототехнічних звітів Міжнародної федерації робототехніки за останні роки показують нарощування обсягу виробництва роботизованих пристроїв та роботів різних типів.

Так, у 2017 році був поставлений новий рекордний показник з випуску промислових роботів, а саме обсяг їх виробництва збільшився на 30% у порівнянні з 2016 роком. Крім того, починаючи з 2013 року по 2017 рік загальний обсяг продажів промислових роботів подвоївся [348].

Орієнтовне прогнозування зростання обсягу виробництва промислових роботів до 2021 року на основі даних Міжнародної федерації робототехніки за 2018 рік подано на рис. 3.2, [339]:

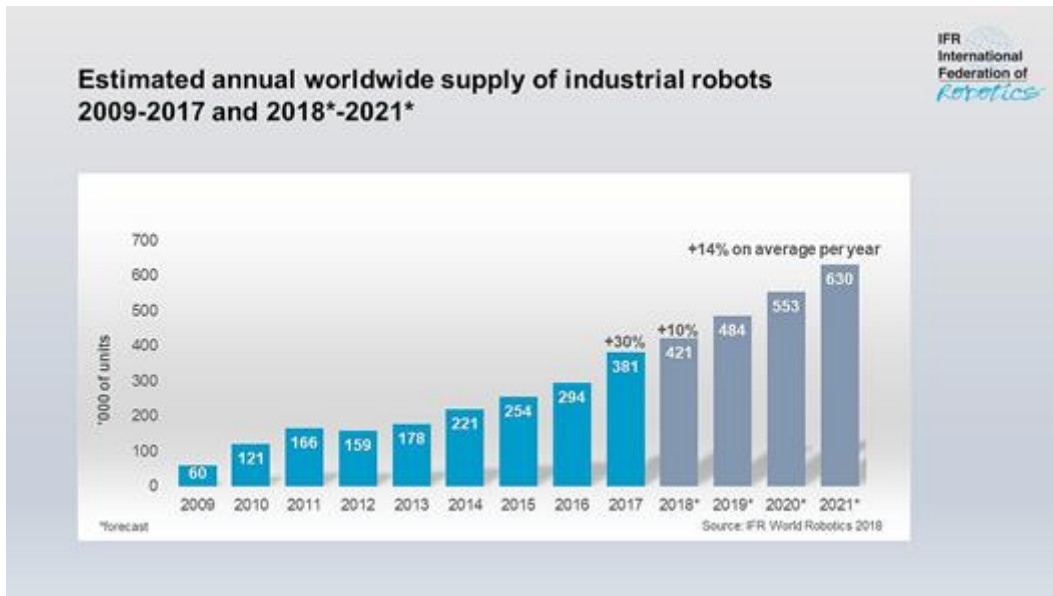


Рис. 3.2. Орієнтовне прогнозування зростання обсягу виробництва промислових роботів до 2021 року

(Ресурс: за даними Міжнародної федерації робототехніки [339],

URL: https://ifr.org/downloads/press2018/Graph_total_annual_supply_Industrial_robots_2009_2021.jpg (дата звернення: 20.05.2020))

У звіті Міжнародної федерації робототехніки за 2019 рік зазначено, що загальна кількість службових роботів (*service robots*), проданих у 2018 році, зросла на 61% (близько 271 000 одиниць порівняно з 168 000 одиниць в 2017 році), [360].

На рис. 3.3 наведено орієнтовне прогнозування вартості продажів службових роботів різних видів для професійного використання до 2022 року:

Professional service robots: main value growth drivers are logistic systems

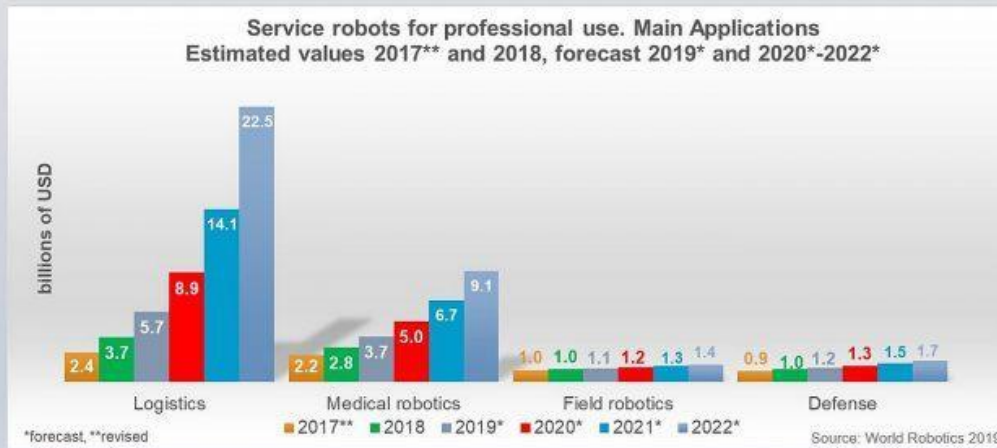


Рис. 3.3. Орієнтовне прогнозування вартості продажів службових роботів різних видів для професійного використання до 2022 року

(Ресурс: за даними Міжнародної федерації робототехніки [360, с. 26])

З рис. 3.3 видно, що найбільшим попитом до 2022 року будуть користуватися службові роботи для логістики (*robots for logistics*), медичні (*medical robots*), військові (*defense robots*) та польові роботи (*field robots*).

Дані звіту Міжнародної федерації робототехніки за 2019 рік показують, що ринок персональних (*personal robots*) та домашніх роботів (*domestic robots*) також швидко розвивається (рис. 3.4):

Vacuuming and floor cleaning robots are established personal/domestic service robots

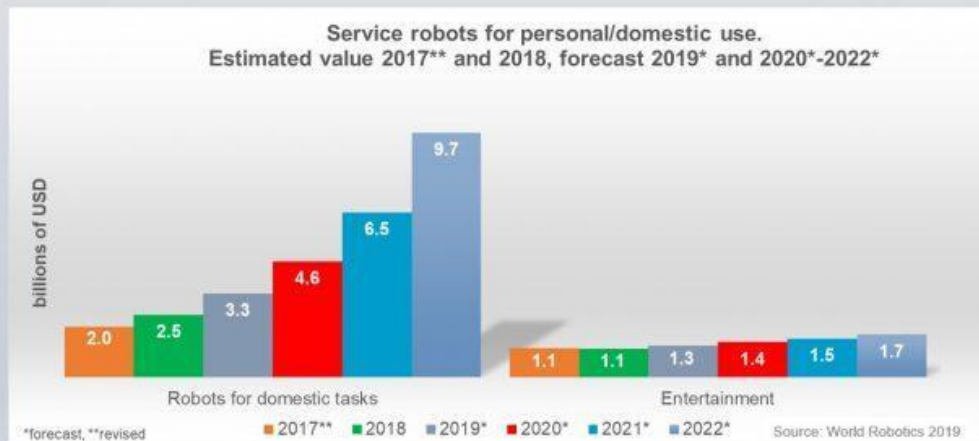


Рис. 3.4. Орієнтовне прогнозування вартості продажів роботів для домашнього використання до 2022 року

(Ресурс: за даними Міжнародної федерації робототехніки [360, с. 24])

З наведених на рис. 3.2 – рис. 3.4 відомостей видно, що наразі людьми в повсякденному житті вже використовуються такі види роботів:

- промислові роботи (*industrial robots*);
- службові роботи для професійного використання (*service robots for professional use*):
 - роботи для логістики, транспортні роботи (*robots for logistics*);
 - медичні роботи (*medical robots*);
 - військові роботи (*defense robots*);
 - польові роботи (*field robots*);
- домашні роботи (*domestic robots*):
 - автономні газонокосарки (*autonomous lawn-mowers*);
 - роботи-прибиральники басейнів (*pool cleaners robots*);
 - роботи-пилососи (*vacuum cleaners robots*);
 - роботи для миття підлоги (*floor-cleaning robots*).

Крім того, ще виокремлюють такі види роботів як *сервісні* (мобільні роботи, оснащені засобами зворотнього зв'язку, розпізнавання мови для допомоги людям в залах реєстрації, подорожах, ресторанах та ін.) та *екзоскелети*.

Екзоскелети є важливим технологічним досягненням робототехнічної галузі. Вони призначені для відновлення втрачених фізичних можливостей людського тіла (або їх розширення), наприклад, для відновлення функцій нижніх кінцівок [215, с. 9]. Прикладом екзоскелету може слугувати надрукований на 3D принтері біонічний (роботизований) протез, прототип якого вперше був розроблений у 2015 році українською студією 3D друкування Vila Muraha, що займається інтеграцією адитивних технологій в медицину. Роботизований протез працює від датчиків, які зчитують імпульси м'язів, внаслідок чого пальці стискаються або розпрямляються. Протез створений з ABS-пластику, пластичного й ударостійкого матеріалу, і кріпиться до біцепса [190, с. 101].

Про збільшення темпів розвитку робототехнічної галузі також свідчать результати дослідження Всесвітнього економічного форуму (*WEF – World Economic Forum*) [347].

В рамках зазначеного дослідження серед компаній з різних сфер суспільної діяльності (авіакосмічна, автомобільна, авіаційна, хімічна, туристична галузі, інформаційно-комунікаційні, енергетичні, біотехнології, сучасні матеріали, охорона здоров'я, інфраструктура, фінансові послуги та ін.) було проведено опитування стосовно того, в які технології ці компанії планують вкладати інвестиції до 2022 р. [484, с. 7]. Результати опитування подано на рис. 3.5:

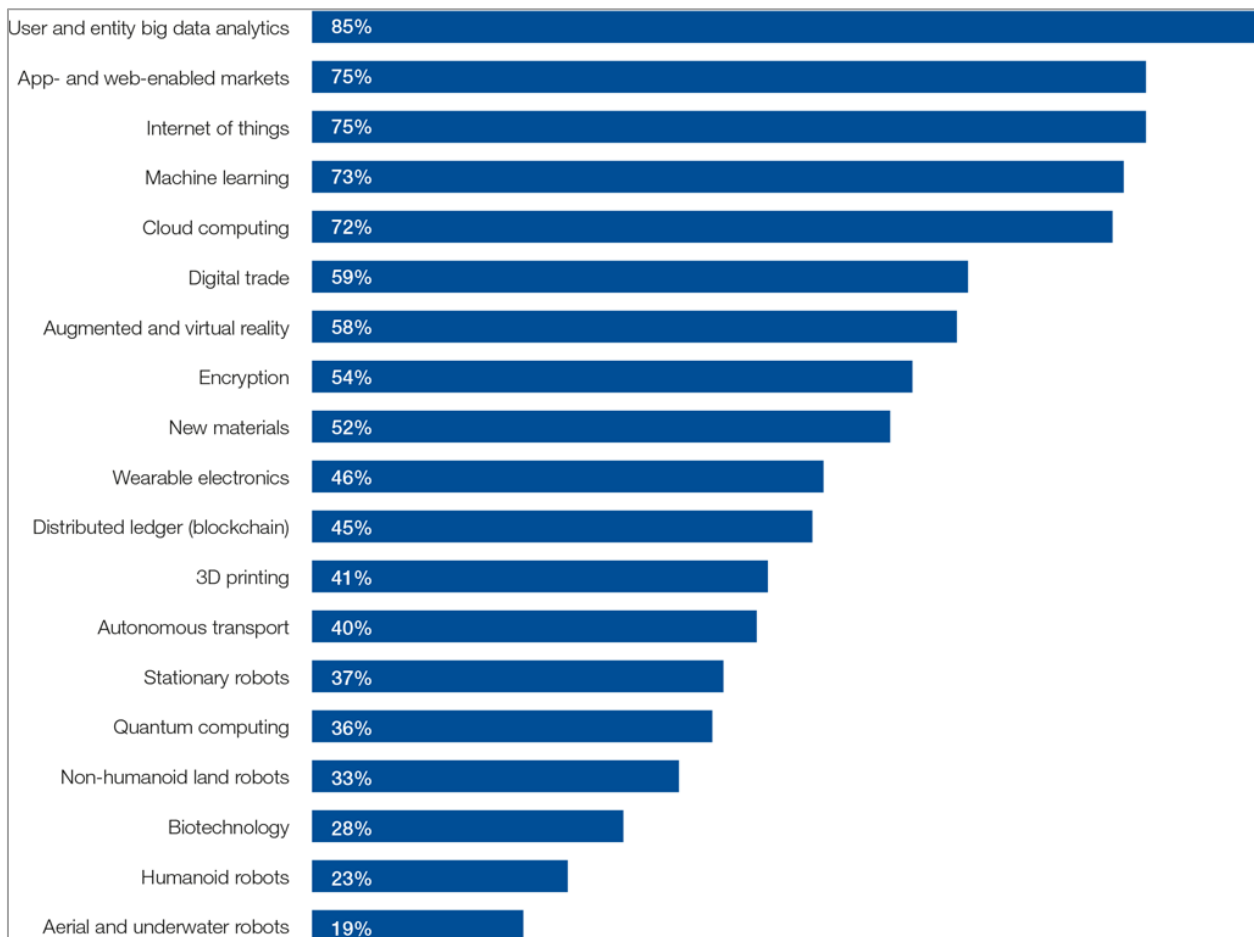


Рис. 3.5. Технології, в які компанії планують інвестувати до 2022 р.

(Ресурс: за даними Всесвітнього економічного форуму: Future of Jobs Report 2018 [484],

URL: <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2018/files/2018/09/F2.png>

(дата звернення: 30.04.2020))

Зокрема, з рис. 3.5 видно, що компанії планують інвестувати значні ресурси у робототехнічну галузь, а саме у розвиток:

- автономного транспорту – 40 %;
- стаціонарних роботів – 37 %;
- негуманоїдних наземних роботів – 33 %;
- гуманоїдних роботів – 23 %;
- повітряних роботів (дронів) і підводних роботів – 19 %.

Таким чином, широкий спектр сучасних технологій на основі робототехнічних систем привертає значну увагу бізнесу [484, с. 6], (рис. 3.6):

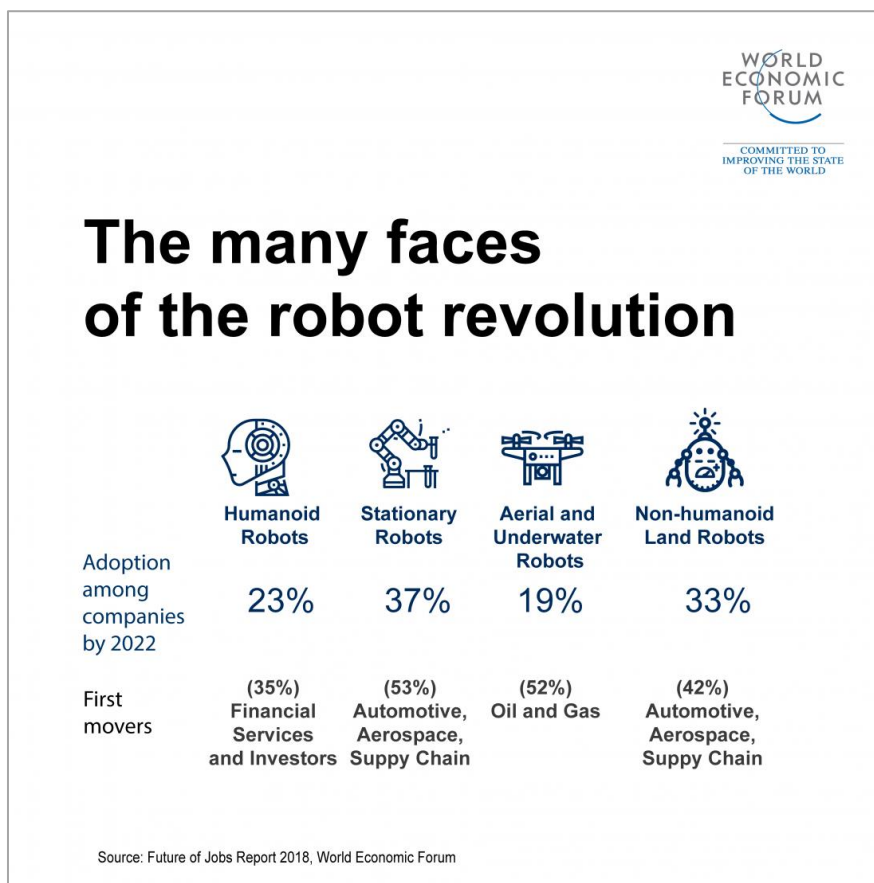


Рис. 3.6. Технології на основі робототехнічних систем, в які компанії планують інвестувати до 2022 року

(Ресурс: за даними Всесвітнього економічного форуму: Future of Jobs Report 2018 [484],

URL: <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2018/wp-content/blogs.dir/139/mp/image-cache/site/2/future-jobs-robots.700bba77cb92e09819e2a1131284aeb3.png>

(дата звернення: 01.05.2020))

Наведені вище дані свідчать про стрімкий розвиток робототехнічної галузі. Таким чином, роботи та комплексна автоматизація виробництва на сьогодні затребувані в багатьох галузях суспільної діяльності [128, с. 181]:

- *промисловість* (роботи для фарбування, зварювальні роботи, роботи для вирізання з металу тощо);
- *військова галузь* (бойові роботи, роботи-розвідники);
- *медицина* (мікроскопічні роботи для використання в мікрохірургії, роботи-кур'єри в лікарнях);
- *авіація* (безпілотні роботи-літаки – дрони);

- *космічна галузь* (самохідні апарати на базі роботизованих систем);
- *сфера обслуговування* (роботи для допомоги людям з особливими потребами);
- *побут* (роботи-пилососи) та ін.

Робототехніка змінює спосіб нашого життя та діяльності. Це означає також і те, що вже існує нагальна потреба у фахівцях для розробки, конструювання та програмування роботів. Тому на сьогодні особливого значення набувають питання впровадження робототехніки в навчальний процес закладів освіти.

3.2. Освітня робототехніка як напрям STEAM-освіти

3.2.1. Освітня робототехніка як сучасний освітній тренд

Стрімкий розвиток робототехнічної галузі та висока затребуваність відповідних фахівців сприяють підвищенню популярності робототехніки як освітнього тренду в Україні та світі [187; 208].

Робототехніка (від *робот* і *техніка*; англ. – *robotics*) – прикладна наука, в якій вивчається проектування, розробка, конструювання, експлуатація та використання роботів. Робототехніка орієнтована на створення робототехнічних систем, призначених для автоматизації складних технологічних процесів і операцій, у т. ч. таких, що виконуються в недетермінованих умовах, для заміни людини при виконанні важких, монотонних і небезпечних робіт (при високій температурі, високому рівні радіації, вібрації, шуму, при дії хімічних токсичних речовин тощо), а також для підвищення продуктивності праці та якості продукції [237, с. 86].

Освітній потенціал робототехніки є надзвичайно великим, оскільки вже зараз існує нагальна потреба у фахівцях для розробки, конструювання та програмування роботів. Про дидактичний потенціал робототехніки також зазначають Н.В. Бужинська, Д.М. Гребнєва, І.Б. Макаров у [24].

На сьогодні робототехніка є одним з найважливіших напрямів світової індустрії. Актуальність її впровадження в освітню галузь зумовлена також й необхідністю підготовки інженерно-технічних кадрів для промислових галузей. Використання робототехніки в навчальному процесі стає все більш затребуваним серед закладів освіти, про що детально розглянуто у роботі [187].

Робототехніка є популярним та ефективним методом для вивчення важливих галузей науки й базується на активному використанні сучасних цифрових технологій у виробництві та високому інтелектуальному рівні фахівців, які будуть працювати в умовах інноваційної економіки [128, с. 181-182].

Крім того, підготовка сучасної молоді до конструювання, програмування та використання роботів і робототехнічних систем пов'язана з вимогами сьогодення, а саме з появою нових професій у галузі робототехніки і, як наслідок, потребою у відповідних спеціалістах (див. п. 1.2.3, табл. 1.2, [187, с. 326]):

- оператор багатофункціональних робототехнічних комплексів;
- проєктувальник роботів (зокрема проєктувальники промислової та дитячої робототехніки, медичних, домашніх роботів);
- проєктувальник нейроінтерфейсів з управління роботами;
- проєктувальник "розумних" будинків;
- проєктувальник інтерфейсів безпілотної авіації;
- сервісний інженер з робототехніки;
- програміст з робототехніки;
- оператор медичних роботів;
- оператор безпілотних апаратів;
- інженер безпілотних пристроїв;
- вчитель (викладач) робототехніки;
- будівник "розумних" доріг тощо.

Про зростання популярності робототехніки як освітнього тренду в Україні та світі свідчать також показники статистики зростання запитів Google за ключовими словами "*robotics education*" та "*robotics for kids*" (регіон: увесь світ, рис. 3.7); "*школа робототехніки*" та "*робототехніка для дітей*" (регіон: Україна, рис. 3.8) у період з вересня 2017 року по вересень 2020 року. Дані отримано за допомогою сервісу **Google Trends**, призначеного для відслідковування певних трендів та аналізу їх популярності з урахуванням сезонних змін та географічного розташування.

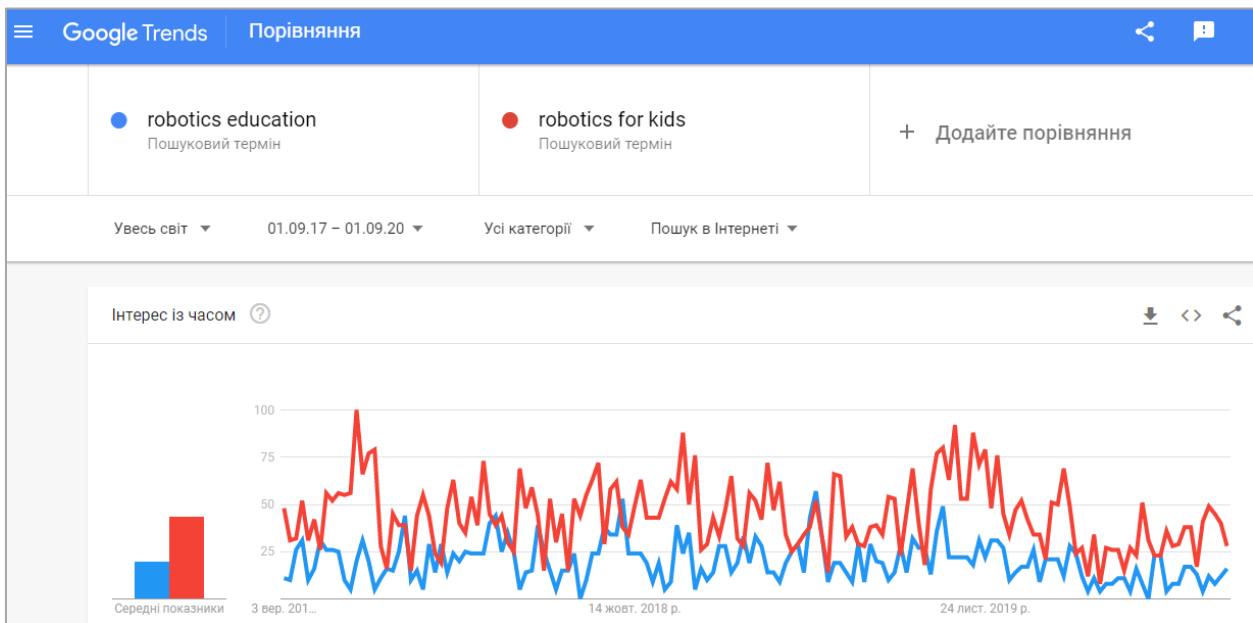


Рис. 3.7. Аналіз популярності запитів Google у світі за ключовими словами "*robotics education*" та "*robotics for kids*" у період з вересня 2017 року по вересень 2020 року (регіон: увесь світ)

(Ресурс: власна розробка)

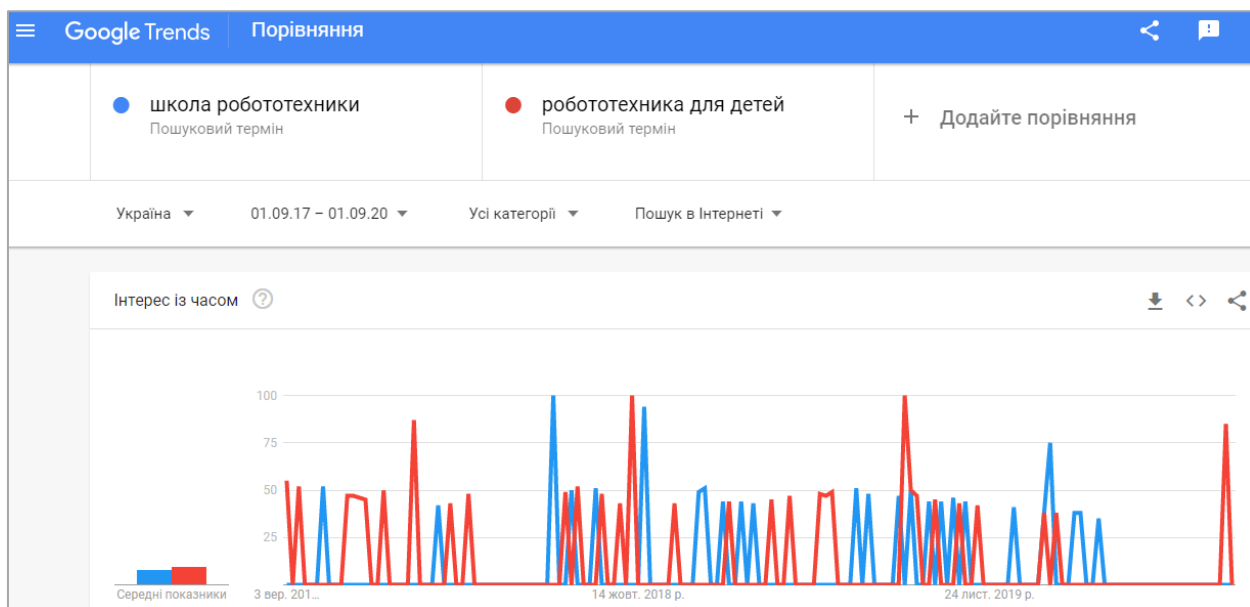


Рис. 3.8. Аналіз популярності запитів Google в Україні за ключовими словами "школа робототехники" та "робототехника для дітей" у період з вересня 2017 року по вересень 2020 року (регіон: Україна)
(Ресурс: власна розробка)

Певне зниження популярності запитів припадає на період початку пандемії і карантину на початку 2020 року.

В цілому наведені вище дані, аналіз популярності трендів у галузі прикладної робототехніки; аналіз даних, зібраних на тематичних заходах, присвячених робототехніці; системний аналіз наукових, методичних та інтернет-джерел, присвячених робототехніці; узагальнення зазначених даних і власний досвід в галузі робототехніки взагалі й освітньої робототехніки зокрема показують, що на теперішній час робототехніка є *освітнім трендом*.

Загальні тенденції впровадження робототехніки в освіту змінились протягом останніх 6 років після появи доступних компонентів для навчання робототехніки, що уможливило широке розповсюдження власноруч сконструйованих роботів. Таким чином виник новий напрям в освіті – "*освітня робототехніка*" (*ER - educational robotics*) [201, с. 180].

В науково-методичній літературі зустрічається й інші назви цього напрямку: "*робототехніка в освіті*" (*R in E – robotics in education*), "*роботи в*

освіти" (*robots in education*). Однак, за останні роки термін "*освітня робототехніка*" став більш уживаним. Охарактеризуємо деякі підходи до визначення даного поняття провідними дослідниками галузі.

Е. Егучі, американська дослідниця, яка вивчає питання використання роботів в освіті (з 2006 р.), розглядає освітню робототехніку як ефективний інструмент для проєктного навчання з використанням STEM, програмування, обчислювального мислення та інженерних умінь [333; 334].

Д. Алімісіс, керівник європейського проєкту TERECoP (2006-2009 рр.), метою якого було впровадження ідей конструктивістського підходу в навчанні через освітню робототехніку, визначає її як навчальний засіб, спрямований на вивчення інших предметів (природничих наук, математики та ін.) [247; 249; 250; 252; 305].

У дослідженні Ф. Руїз, А. Запатера і Н. Монтес робототехніка в освіті розглядається як галузь прикладної робототехніки, яка фокусується на навчанні студентів розробки, проєктування та конструювання роботів [443].

К. Кенон-Руффо розглядає освітню робототехніку як міждисциплінарний напрям в STEM-класах [280].

А.М. Анхель-Фернандес і М. Вінче у [257] визначають освітню робототехніку як галузь дослідження, спрямовану на покращення навчального досвіду людей шляхом здійснення діяльності з використанням роботів, робототехнічних систем і технологій.

І.В. Тузікова у [220] зазначає, що освітня робототехніка – це міждисциплінарний напрям навчання школярів, в якому інтегруються знання з фізики, мехатроніки, технологій, математики, кібернетики та ІКТ.

Т.В. Нікітіна характеризує освітню робототехніку як інтегративну предметну галузь, що відображає сучасний рівень розвитку науки та техніки. Також вона зазначає, що цей напрям включає в себе знання з інформатики, фізики, математики. При цьому інформатику дослідниця визначає провідним

предметом, підґрунтям для вивчення робототехніки, а фізику і математику як виступають як допоміжні предмети [137].

С.М. Сіренко розглядає освітню робототехніку як органічне поєднання використання певного виду розвивального навчального обладнання з особливими методиками його включення в освітній процес, найчастіше на основі міждисциплінарних завдань технічного характеру (в тому числі з соціально значущим контекстом), спрямоване на засвоєння студентами (учнями) інтегрованих знань у галузі природничо-наукових та інженерних дисциплін, а також формування компетентностей, пов'язаних з ІТ, програмуванням, проектуванням і командною роботою, необхідних в сучасному високотехнологічному світі [178].

О.В. Задорожна і Ю.Г. Ковальов вбачають освітню мету робототехніки в розвитку в учнів умінь програмування та сприянні інтеграції знань з фундаментальних дисциплін [68]. О.С. Мартинюк розглядає освітню робототехніку як нову педагогічну технологію [113].

Поясненням того, чому термін "*освітня робототехніка*" став загальноприйнятим, коли про робототехніку говорять у навчальному контексті (на протипагу терміну "робототехніка" або "робототехніка в освіті"), може бути підхід до визначення даного поняття, розглянутий у [257], рис. 3.9:



Рис. 3.9. Галузі, які впливають на утворення освітньої робототехніки

(Ресурс: власна розробка на основі джерела [257])

Як показано на рис. 3.9, освітня робототехніка (ОР) є перетином трьох галузей: "Освіта", "Робототехніка" і "Людино-машинна взаємодія". Автори дослідження пояснюють утворення освітньої робототехніки шляхом перетину цих галузей таким чином.

(1) Освіта охоплює всі підгалузі, пов'язані з навчанням і вдосконаленням навчального досвіду людей на всіх рівнях, від раннього дитинства до університету. (2) Робототехніка - галузь, в якій вивчаються, проєктуються та вдосконалюються роботи. Робототехнічні платформи, роботи в деяких випадках можуть бути використані в освіті. Однак, спочатку ці платформи були розроблені та впроваджені без урахування можливостей їх використання в освіті. Тому вони мають багато функціональних характеристик і призначень не освітнього застосування. (3) Людино-машинна взаємодія - це галузь, в якій вивчається взаємодія між комп'ютером і людьми, спрямована на покращення взаємодії з кінцевими користувачами. В цій галузі показується важливість врахування особливостей людини при взаємодії з комп'ютерами. Ці фактори враховуються при розробці робототехнічних платформ, що, в результаті, призвело до появи окремої галузі - "Взаємодія людей і роботів". В цій галузі вивчається проєктування і оцінювання доступності розроблених інтерфейсів робототехнічних платформ, які будуть використовуватися людьми [257]. У даному дослідженні погоджуємось з таким тлумаченням виникнення поняття "освітня робототехніка".

Таким чином, на основі аналізу різних тлумачень та підходів до визначення освітньої робототехніки провідними науковцями і практиками цієї галузі (Н.В. Морзе [124], М.А. Гладун [124], О.В. Задорожна [68], Ю.Г. Ковальов [68], О.С. Мартинюк [113], Т.В. Нікітіна [137], С.М. Сіренко [178], І.В. Тузікова [220], Д. Алімісіс [250], Е. Егучі [332], А. Ортіс [416], Б. Бос [416], С. Сміт [416], С.Е. Янг [474], Е.С. Вон [474], А.М. Анхель-Фернандес

[257], М. Вінче [257], Ф. Руїз [443], А. Запатера [443], Н. Монтеc [443], К. Кенон-Руффо [280]) будемо тлумачити дане поняття наступним чином [128]:

Освітня робототехніка – міжпредметний напрям навчання учнів з використанням роботів і робототехнічних систем, у процесі якого інтегруються знання зі STEAM-предметів (фізики, технологій, математики, природничих наук, дизайну), інформатики, мехатроніки, кібернетики. Навчання освітньої робототехніки відповідає *ідеям випереджального навчання* (навчання технологій, які будуть потрібні в майбутньому) і дозволяє залучити учнів різного віку до процесу інноваційної та науково-технічної творчості.

Навчання робототехніки надає учням і студентам практичного досвіду для розуміння технологічних складових функціонування автоматизованих систем; пристосування до постійних змін під час управління складними системами; використання попередньо набутих знань у реальних ситуаціях. Робототехніка привертає увагу вчених як засіб розширення можливостей для учнів та студентів, а саме у процесі навчання робототехніки молодь може займати активну позицію як співконструктори, а не як пасивні отримувачі знань або споживачі технологій [474].

Деякі дослідники умовно поділяють робототехніку в контексті навчання в закладах освіти на такі види [215, с. 11]:

- освітня робототехніка;
- змагальна (спортивна) робототехніка;
- творча робототехніка.

Найпоширенішим з розглянутих видів робототехніки є **змагальна робототехніка**. Метою її впровадження в заклади освіти є підготовка учнів до олімпіад, конкурсів та інших змагань з робототехніки. На олімпіадах з робототехніки учень (або команда учнів) з використанням створеного ним автономного робота повинен виконати конкретні завдання за мінімальних час [215, с. 11]. Наприклад, до основних завдань, які повинен виконати автономний робот на класичній Міжнародній олімпіаді роботів **WRO** (від англ. **WRO** – *World*

Robot Olympiad), є *лабіринт* (проходження автономним роботом довільного лабіринту), *маніпулятор* (розробка робота-маніпулятора для переставляння та сортування ним об'єктів), *траєкторія* (рух мобільного робота заданою траєкторією).

Творча робототехніка пов'язана з розробкою будь-яких технологічних рішень (роботів, роботизованих систем) для будь-якої галузі, наприклад, створення удосконаленої моделі робота-пилососа, створення робота для поливу рослин і т.д. При цьому необхідні ґрунтовні знання в предметній галузі, для якої розробляється рішення [215, с. 12].

На відміну від розглянутих видів характерними особливостями **освітньої робототехніки** є [215, с. 12]:

- зв'язок із STEAM-предметами та предметами соціально-гуманітарного циклу (мистецтво, англійська мова тощо);
- розвиток умінь досягати конкретного результату та розуміння змісту навчання;
- розвиток універсальних навчальних дій.

Таким чином, наведені міркування призводять до висновку про необхідність впровадження освітньої робототехніки в заклади освіти як важливої складової для розвитку сучасної молоді.

Враховуючи результати досліджень [124; 128; 187; 215; 220; 334; 394; 474] та власний досвід, зазначимо основну мету і завдання впровадження освітньої робототехніки в освітній процес закладів освіти:

- формування та розвиток в учнів інтересу до природничих і точних наук, науково-технічної творчості, що відповідає ідеям STEAM-освіти;
- формування в учнів навичок роботи з технічними пристроями та умінь практичного вирішення актуальних інженерно-технічних проблем;
- формування в учнів умінь працювати з різними джерелами інформації, оцінювати їх і, на цій основі, формулювати власну думку, судження, оцінку; ініціювати та створювати власні розробки;

- інтелектуальний розвиток особистості, зокрема розвиток в учнів логічного, алгоритмічного та креативного мислення, пам'яті, уваги, наукової інтуїції;
- формування в учнів наукового світогляду як невід'ємної складової загальної культури людини, необхідної умови повноцінного життя в сучасному суспільстві;
- формування крос-галузових компетентностей (знань, що знаходяться на стику різних предметів, галузей, умінь та навичок їх застосовувати в реальних практичних ситуаціях);
- формування в учнів гнучких навичок, зокрема навичок міжособистісного спілкування, вміння працювати в команді, відповідальність, стратегії вирішення проблем та ін.
- формування та розвиток в учнів стійкої мотивації до навчання;
- формування якостей особистості, яка здатна самостійно ставити цілі, проєктувати шляхи їх реалізації, контролювати й оцінювати свої досягнення;
- реалізація метапредметних зв'язків між інформатикою, математикою, фізикою, технологіями та іншими предметами;
- формування в учнів інформаційної культури.

Як було зазначено раніше (див. п. 2.4), заняття з освітньої робототехніки забезпечують реалізацію міжпредметних зв'язків із STEAM-предметами, а також практичне використання знань точних наук. Крім того, такі заняття повинні включати в себе наступні компоненти:

1. Ідею створення конкретного робота та відповідне технічне завдання.
2. Моделювання робота.
3. Конструювання робота.
4. Складання алгоритму роботи та програмування робота відповідно до технічного завдання.
5. Тестування робота.

Одним з таких шляхів реалізації цього є дослідницькі проекти. Прикладом практичного використання знань STEM-предметів у процесі навчання освітньої робототехніки може слугувати інтегрований проєкт освітньої робототехніки з географією [209, с. 129].

Постановка задачі: на уроках географії в різних класах часто доводиться працювати з кривими лініями на картах: робота з планами, визначення протяжності з півночі на південь (із заходу на схід) материків, держав, берегових ліній материків, кордонів держав, довжин річок, транспортних магістралей тощо. Для таких розрахунків учні повинні знати поняття "масштаб" і вміти ним користуватись. Зазначимо, що для вимірювання кривих ліній використовується спеціальний прилад – *курвіметр*.

Мета створення проєкту: розробити універсальну модель робота-курвіметра, який би допоміг вимірювати криволінійні об'єкти для вирішення картографічних задач.

Для реалізації даного проєкту за основу було взято робот LEGO Mindstorms EV3 Education.

Покажемо основні напрями використання знань з кожним STEM-предметом у процесі роботи над даним проєктом:

S (science) – перед початком роботи над проєктом потрібно повторити/вивчити поняття "масштаб". На даному етапі відбувається уточнення проблемного завдання (створення моделі робота-курвіметра). Прилад має бути достатньо точним і виводити на дисплей значення довжини криволінійного об'єкта у кілометрах. Обов'язково повинен бути передбачений вибір масштабу в залежності від карти, яка буде використовуватись.

T (technology) – на цьому етапі можна зробити ескіз моделі робота або можна змоделювати її за допомогою відповідного програмного забезпечення (програм для 3D-дизайну): LDD, MLCad, LDCad тощо.

Після того, як робот буде сконструйований і проведені усі відповідні розрахунки, необхідно скласти алгоритм роботи і написати програму його роботи.

E (engineering) – протягом цього етапу відбувається конструювання робота відповідно до вимог і 3D-моделі, що була розроблена на попередньому етапі.

M (mathematics) – для написання програми необхідні розрахунки, а саме для цього потрібно розрахувати довжину кола колеса (використовуються діаметр і число π), визначити градусну міру кута повороту вихідного валу мотора за 1 мм пройденого шляху, визначити масштаб карти та провести розрахунки для отримання остаточного значення.

Після тестування роботи розробленої моделі робота-курвіметра часто виникає потреба повернутися до одного з етапів і відкоригувати модель, розрахунки або/та програму.

Приклади подібних проєктів яскраво демонструють практичне застосування знань точних наук у процесі навчання освітньої робототехніки та показують важливість її впровадження в заклади освіти, зокрема, в українські школи.

Наведемо приклади тем інших проєктів, в яких інтегруються STEAM-предмети (біологія, хімія, фізика і т.д.) та освітня робототехніка.

Компанією LEGO розроблено кілька напрямів в конструюванні та програмуванні роботів для навчання (LEGO Education). Крім того, для таких проєктів також пропонуються навчальні матеріали. Прикладами проєктів на базі робототехнічних платформ *LEGO Education WeDO 2.0* є [388]:

- проєкт "Запилення рослин" (моделювання взаємозв'язку між комахою-запилювачем і квіткою на етапі розмноження – створення робота для запилення рослин) – *інтеграція біології, робототехніки, програмування;*

- проєкт "Захист від повені" (проєктування автоматичного шлюзу для управління рівнем води у відповідності з різними варіантами випадання опадів) – *інтеграція технологій, робототехніки, програмування*;
- проєкт "Дослідження космосу" (проєктування прототипу робота-всюдихода для дослідження далеких планет) – *інтеграція технологій, робототехніки, програмування*;
- проєкт "Очищення океану" (проєктування прототипу робота для видалення пластикового сміття з океану) – *інтеграція екології, технологій, робототехніки, програмування*.

Поєднання освітньої робототехніки з вивченням природничо-математичних дисциплін та проєктно-дослідною діяльністю значно розширює тематику навчальних проєктів, які можна виконувати з учнями в закладах середньої освіти. Наприклад, проблематика екологічних проєктів може охоплювати: захист навколишнього середовища, допомогу при стихіях, збереження різновидів флори і фауни, створення сприятливих умов для людства у позаземних умовах, екоенергетика тощо [29].

Виконання подібних дослідницьких проєктів сприяє розвитку:

- навичок співпраці;
- умінь розв'язувати складні проблеми;
- дослідницьких навичок;
- критичного та креативного мислення.

Крім того, очевидний міждисциплінарний аспект виконання таких проєктів: інтеграція кількох предметів; використання знань з математики та природничих наук при виконанні проєктів з використанням робототехнічних платформ. Застосування такого підходу дозволить швидко і якісно підготувати сучасну молодь до умов інтенсивного розвитку цифрових технологій, що, в свою чергу, надасть їм можливість в майбутньому стати конкурентоспроможними фахівцями ІТ-індустрії та робототехнічної галузі.

3.2.2. Міжпредметні зв'язки освітньої робототехніки

Однією з характерних особливостей сучасної науки є міжнаукова взаємодія, інтеграція різних предметних галузей та їх взаємозв'язок.

Недостатній розвиток інтеграційних процесів у суміжних галузях науки зумовлює необхідність переосмислення змісту навчання предметів на користь зростання частки міжпредметної і міжгалузевої інтеграції знань, яка є можливою лише на основі переходу від знання фактів до розвитку компетентностей [155].

Як було зазначено раніше, освітня робототехніка є дисципліною, в якій інтегруються знання з багатьох предметів. Важливим завданням на теперішній час є визначення змісту навчання освітньої робототехніки в закладах освіти. Для його уточнення, а також для з'ясування ефективних шляхів впровадження освітньої робототехніки в навчальний процес закладів освіти в Україні важливим завданням є аналіз та врахування міжпредметних зв'язків освітньої робототехніки з різними галузями [196, с. 222].

Вивченням міжпредметних зв'язків природничих дисциплін займалися такі дослідники, як С.І. Архангельський, Ю.В. Горошко, О.С. Дубинчук, М.І. Жалдак Г.Г. Журбенко, Ю.І. Мальований, А.І. Маркушевич, Г.О. Михалін, А.В. Скороход, З.І. Слєпкань, В.В. Стешенко, М.Й. Ядренко та ін.

Українськими та зарубіжними дослідниками і практиками розглянуто окремі аспекти інтеграції освітньої робототехніки з [196]:

1. Інформатикою (Н.В. Бужинська, Д.М. Гребнева, В.А. Корабльов, Т.Л. Мазурок, В.В. Черних, Дж. Флот, Дж. Лапеш, А. Луй, К. Шунн, Р. Шоп, Д. Тохачек, А. Узун);
2. Фізикою (М.Г. Єршов, О.В. Задорожна, Ю.Г. Ковальов, О.В. Оспеннікова, О.С. Мартинюк, Д. Алімісіс);
3. Технологіями (С.М. Дзюба, І.В. Кіт, О.Г. Кіт, Г.В. Мічуріна, С.А. Хачатрян, Д. Алімісіс);

4. Математикою (О.С. Банада, Т.Г. Крамаренко, Е.М. Сілк).

Навчання освітньої робототехніки як інструменту STEM-освіти досліджено у роботах Н.В. Морзе, Н.В. Валько, А.Д. Василюка, М.А. Гладун, С.М. Дзюби, І.В. Кіта, О.В. Кіт, І.О. Пихтіної, О.В. Романа, М.А. Умрик, Н.А. Хараджян, Е. Егучі, Б.Бос, К. Кенон-Руффо, К. Чанмін, Т. Чі, К. Дунхо, М. Ернст, Ю. Цзянмей, А. Ортіз, Д. Прашант, Х. Роджер, С. Сміт та ін.

Наукове пізнання навколишнього світу неможливе без виявлення й усвідомлення в повному обсязі властивих йому взаємозв'язків і взаємозалежностей. У процесі навчання окремих навчальних дисциплін вивчаються певні, характерні для кожної з них об'єкти, процеси, явища. Проте про цілісне пізнання об'єкту, процесу, явища можна говорити лише за умови розгляду всіх його їх характеристик та властивостей у комплексі, в певній системі їх взаємозв'язків з різними галузями [8]. Потужним інструментом для формування цілісного наукового світогляду, а також загальної системи знань учнів про реальний світ виступають міжпредметні зв'язки.

На теперішній час однозначного тлумачення поняття міжпредметних зв'язків не існує. Різними дослідниками сформульовано багато різних підходів до визначення даного поняття. Наприклад, в українському педагогічному словнику зазначено, що міжпредметні зв'язки – це взаємне узгодження навчальних програм, зумовлене системою наук і дидактичною метою. В них відображено комплексний підхід до виховання й навчання, який надає можливість виділити як головні елементи змісту навчання, так і взаємозв'язки між навчальними предметами [44, с. 210].

Аналізуючи та узагальнюючи різні підходи до означення поняття міжпредметних зв'язків, у даному дослідженні будемо дотримуватись визначення, запропонованого Г.Ф. Федорцем:

Міжпредметні зв'язки – педагогічна категорія для визначення інтеграційних відносин між об'єктами, процесами та явищами реальної дійсності, що знайшли своє відображення у змісті, формах і методах навчально-

виховного процесу й виконують навчальну, розвивальну та виховну функції в їхній органічній єдності [226].

Міжпредметні зв'язки відіграють важливу роль у формуванні універсальних знань, умінь і навичок. Їх використання є передумовою для розробки інтегрованих курсів, до яких належить й освітня робототехніка.

Робототехніка – це потужний інструмент для навчання, який підходить для будь-якого віку (від учнів початкових класів до студентів та викладачів університету). Її використання надає можливість на ранньому етапі виявити інженерно-технічні нахили учнів та розвинути їх у цьому напрямку.

Аналіз міжпредметних зв'язків освітньої робототехніки показав, що вона є міждисциплінарним предметом, який знаходиться на стику багатьох природничо-наукових та технічних напрямів [196, с. 223].

Міжпредметні зв'язки впливають на зміст навчання і структуру навчальних предметів. Кожен навчальний предмет є джерелом певних видів міжпредметних зв'язків.

Таким чином, логічним є виділення міжпредметних зв'язків освітньої робототехніки з дисциплінами, знання яких використовуються в процесі її навчання, а також з дисциплінами, для яких вона є прикладною галуззю (рис. 3.10):



Рис. 3.10. Міжпредметні зв'язки освітньої робототехніки

(Ресурс: власна розробка [196, с. 223])

Міжпредметні зв'язки освітньої робототехніки для кожного із зазначених видів детально охарактеризовано у дослідженні [196]. Наведемо основні результати даного дослідження.

Міжпредметні зв'язки з дисциплінами, які є базовими для навчання освітньої робототехніки

Інформатика:

- вивчення основних понять програмування, таких як типи даних, змінні, константи, випадкові величини, математичні операції, структури даних, алгоритмічні структури тощо для програмування робототехнічних платформ (програмування);
- робота в середовищах для 3D-моделювання роботів (комп'ютерне моделювання, 3D-моделювання);
- 3D-моделювання та 3D-друкування каркасних деталей роботів (3D-технології).

Фізика:

- вивчення законів фізики, різноманітних фізичних явищ (температури, прискорення, відновлювальних джерел енергії тощо);
- вивчення роботи простих механізмів, двигунів (механіка, електротехніка);
- вивчення фізичних принципів роботи датчиків (електроніка, схемотехніка, оптика, радіозв'язок).

Математика:

- вивчення просторових понять, розуміння способів руху роботів (геометрія);
- робота зі змінними, випадковими, граничними величинами;
- виконання різноманітних розрахунків (вимірювання часу, швидкості, відстані, прискорення тощо);
- повторення (вивчення) певних математичних понять, операцій (коло, круг, радіус, діаметр, пряма, кут, поворот тощо).

Технології:

- створення робочих моделей роботів (навчальне проектування, моделювання, конструювання – мейкерство);
- дизайн частин роботів;
- застосування освітньої робототехніки в проектно-дослідницькій та конструкторській роботі учнів [62; 63], а саме використання наявних роботів з іншими системами; створення нових роботів; модернізація роботів (розробка та проектування нових датчиків й інших систем робота, які розширюють можливості його використання, в тому числі в нових умовах).

Міжпредметні зв'язки з дисциплінами, для яких освітня робототехніка є прикладною галуззю

Фізика:

- проведення різноманітних фізичних експериментів з використанням роботів (комплексне використання двигунів, систем оповіщення, датчиків, робототехнічних конструкторів в демонстраційному та лабораторному експерименті);

- використання роботів та їх датчиків для вимірювання в традиційному фізичному експерименті з опрацюванням і фіксацією його результатів.

Біологія:

- дослідження явищ транспірації, вимірювання вологості ґрунту за допомогою відповідних датчиків;
- використання роботів та їх датчиків для вимірювання зміни температури (наприклад, в приміщенні, з рослинами і без тощо).

Географія:

- створення роботів для роботи з картами, вивчення масштабу, протяжності географічних об'єктів (річок, гірських хребтів, державних кордонів, автомобільних шляхів тощо); визначення відстані між об'єктами та протяжність материків і держав тощо.

Астрономія:

- вивчення принципів функціонування роботів-телескопів;
- створення моделей роботів для дослідження далеких планет, наприклад, моделі робота-марсоходу, що дозволяє продемонструвати деякі функції реального марсоходу. За допомогою таких моделей можна відтворити процес буріння порід, визначити принцип стеження марсоходу за пересуванням джерел світла, від якого відбувається заряджання сонячних батарей і т.п.

Хімія:

- використання роботів та їх датчиків для вивчення температурного перебігу екзотермічних та ендотермічних хімічних реакцій тощо.
- Зважаючи на зазначене, навчання освітньої робототехніки забезпечує реалізацію міжпредметних зв'язків з різними галузями, а також практичне використання знань точних наук.

Як показує практика, міжпредметні зв'язки у навчанні є певним виразом інтеграційних процесів, що на теперішній час відбуваються в науці й житті суспільства.

Таким чином, навчання освітньої робототехніки як міжпредметного інтегративного курсу сприяє:

- поглибленню знань учнів з природничо-наукових та інженерно-технічних предметів;
- підвищенню інтересу та мотивації учнів до вивчення різних предметів;
- розвитку логіки, алгоритмічного мислення та технічної творчості учнів;
- формуванню дослідницьких умінь учнів.

Зважаючи на зазначене, навчання освітньої робототехніки забезпечує реалізацію міжпредметних зв'язків з різними галузями, а також практичне використання знань точних наук.

Як показує практика, міжпредметні зв'язки у навчанні є певним виразом інтеграційних процесів, що на теперішній час відбуваються в науці й житті суспільства.

Таким чином, навчання освітньої робототехніки як міжпредметного інтегративного курсу сприяє [196, с. 226]:

- поглибленню знань учнів з природничо-наукових та інженерно-технічних предметів;
- підвищенню інтересу та мотивації учнів до вивчення різних предметів;
- розвитку логіки, алгоритмічного мислення та технічної творчості учнів;
- формуванню дослідницьких умінь учнів.

Міжпредметні інтегративні зв'язки відіграють важливу роль у підготовці учнівської молоді, оскільки їх урахування дозволяє адекватно вивчати і досліджувати об'єкти процеси та явища з точки зору єдиної науки. Крім того, вони виступають засобом для узагальнених способів дій, стимулюють розвиток творчої діяльності, логічного мислення; сприяють формуванню умінь аналізувати факти з різних галузей знань, застосовувати засвоєні ними знання й набуті вміння в конкретних ситуаціях, у процесі розв'язування ними навчальних задач та в майбутній професійній діяльності.

З використанням багатосторонніх міжпредметних зв'язків не тільки на якісно новому рівні вирішуються завдання навчання, розвитку та виховання учнів, а й закладаються основи для комплексного бачення, підходу і розв'язування складних проблем реальної дійсності, формування цілісної системи знань про навколишній світ.

3.3. Зарубіжний досвід навчання освітньої робототехніки

Для визначення ефективних шляхів впровадження освітньої робототехніки в школи та університети України важливим фактором є вивчення відповідного зарубіжного досвіду її навчання та підготовки вчителів. На теперішній час цим питанням серед дослідників приділено недостатньо уваги.

Європейські країни. Проаналізований зарубіжний досвід навчання освітньої робототехніки в європейських країнах [250; 305; 390] показав, що не існує систематичного її впровадження в шкільні навчальні програми. Більшість експериментів, пов'язаних з впровадженням робототехніки в навчальний процес, продемонстрували, що, як правило, її не інтегрують в звичайні уроки в класі. Заняття з робототехніки в основному проводяться після школи, у вихідні дні або в літніх таборах [271]. Однак багаточисленні робототехнічні конструктори, розроблені в 2000-х роках і удосконалені на сьогодні (LEGO Mindstorms NXT, Arduino, Crickets та ін.), підготували ґрунт для популяризації освітньої робототехніки серед учнів і студентів будь-якого віку.

Одним з перших ґрунтовних досліджень в Європі, присвячених підготовці вчителів робототехніки, був проєкт TERECoP (*Teacher Education in Robotics-enhanced Constructivist Pedagogical Methods*), (www.terecop.eu).

Європейський проєкт TERECoP – це проєкт між університетами Греції, Італії, Франції, Іспанії, Чехії та Румунії, який тривав протягом 2006-2009 рр. Метою реалізації проєкту TERECoP була розробка курсів для підготовки

вчителів шляхом надання їм можливостей впроваджувати ідеї конструктивістського підходу в навчанні через освітню робототехніку [192].

За результатами цього проєкту в навчальні програми підготовки майбутніх вчителів середньої технічної освіти (тривалістю 1 рік) Школи педагогічної та технологічної освіти (Патрас, Греція), починаючи з 2010-2011 навчального року, в курс з освітніх технологій був впроваджений модуль з робототехніки. Крім того, в програму підвищення кваліфікації практикуючих вчителів фізики, які проходили перепідготовку в Афінському університеті в 2011 р., було також включено робототехніку. Тематики з робототехніки (10 год.) були присвячені навчанню фізичних основ робототехніки (використанню робототехніки як інструменту для вивчення явищ руху та основних кінематичних понять: час, відстань, швидкість, рух з постійною швидкістю, рух із прискореною швидкістю тощо), [248].

У роботі [128] європейські дослідники узагальнили досвід навчання освітньої робототехніки. Зокрема, ними було виокремлено такі основні підходи до її впровадження в навчальний процес [247; 250; 305; 332; 390]:

- **Тематико-орієнтований підхід:** компоненти навчальної програми інтегровані навколо спеціальної навчальної теми та вивчаються здебільшого дослідницьким шляхом.
- **Проектно-орієнтований підхід:** учні (студенти) працюють у групах для дослідження проблем реального світу. Приклади такого підходу розглянуті науковцями у європейському проєкті TERECoP [252].
- **Цільовий підхід:** діти змагаються на конкурсах, турнірах, фестивалях з робототехніки, які проходять в позашкільному форматі (наприклад, FIRST Lego League (<http://www.firstlegoleague.org>), RoboCupJunior (<http://www.robocupjunior.org>), World Robotics Olympiad та ін.).

Іспанія. Crea Robotics Education (CREA) – це іспанська компанія, яка проводить курси для підготовки вчителів робототехніки та 3D-друкування, створює навчальний контент і готує тренерів для підготовки учнів до

робототехнічних змагань. CREA заснована Департаментом інженерних систем і автоматики Мадридського університету Карлоса III в рамках дослідницької групи RoboticsLab. Крім підготовки вчителів, компанія організовує позаурочні курси, літні заходи з освітньої робототехніки та 3D-друкування, майстер-класи для дітей і підлітків, а також проводить підготовку інструкторів з теми "Технології, програмування і робототехніка". Компанія працює у співпраці з Robocon – студентським робототехнічним турніром, а також консорціумом Robocity2030 (www.robocity2030.org) – науковою організацією, метою діяльності якої є вирішення різноманітних завдань повсякденного життя з впровадження інтелектуальних роботів (Crea Robotica Educativa, RoboCity2030), [298].

RoboCity2030 – це найбільший робототехнічний консорціум в Європі, утворений шістьма провідними науково-дослідними центрами Мадрида з більш, ніж 100 дослідниками в цій галузі, що працює з 2006 року. Організація фінансується Мадридською громадою та Структурними фондами ЄС. Основними темами для вивчення є безпека роботів, соціальні, польові, рятувальні роботи, роботи для навколишнього середовища й автономні транспортні засоби. Наукові дослідження на базі Robocity2030 проводять провідні іспанські університети для підготовки вищих наукових кадрів (<http://www.robocity2030.org/mision>).

Данія. Данська компанія Lego – провідний світовий виробник дитячих конструкторів. У 1980 році компанією було створено підрозділ "Education" для роботи в галузі освіти, метою діяльності якого була розробка нових технологій навчання і супровідної продукції для шкіл, дошкільних установ і закладів додаткової освіти. За 30 років діяльності зазначеного підрозділу була розроблена цілісна концепція навчання, засоби навчання та методичні матеріали. На теперішній час діяльність Lego Education спрямована на формування у дітей творчих навичок, створення ними проєктних робіт, співпрацю в команді. Крім використання самих конструкторів, компанією

розроблено посібники для вчителів, робочі зошити, довідники та відповідне програмне забезпечення [192].

З середини 1990-х років роботи Lego Mindstorm створювалися у співробітництві з лабораторією MediaLab Массачусетського технологічного інституту (МІТ, США) для навчання та тренінгів. Попередні дослідження проводив професор С. Пейперт, співзасновник лабораторії штучного інтелекту МІТ. Дослідження науковця та його співробітників показали, що у процесі навчання за навчальними програмами з використанням роботів в учнів не тільки формується багато ключових навичок, особливо в галузі креативного та критичного мислення, а й "*метакогнітивні навички*". Вони вчать вчитися. Крім того, діти набувають таких необхідних якостей сучасного фахівця, як здатність до спілкування і співпраці. Така концепція навчання називається *конструкціонізмом* [418; 419].

На теперішній час навчальні робототехнічні конструктори LEGO Mindstorms інтегровані в навчальні програми багатьох вищих навчальних закладах усього світу, включаючи МІТ (США), Brown University (США), University of Maryland (США), Tufts University (США), University of Aarhus (Данія), University of Utrecht (Нідерланди), Trinity College Dublin (Ірландія), University of Manchester (Великобританія) [6].

Чехія. Досвід впровадження освітньої робототехніки в процес підготовки майбутніх вчителів ІКТ розглянуто у дослідженні (2012 р., кафедра інформаційних технологій та освіти факультету освіти Карлового університету в Празі), [493]. Емпірична частина проєкту складалась з експериментальних навчальних курсів освітньої робототехніки на основі методології проєкту TERESoP [247] в середніх школах та на курсах підвищення кваліфікації з робототехніки для вчителів ІКТ. Результати проєкту мали позитивний вплив на учасників, внаслідок чого з'явилися пропозиції про внесення змін до програми підготовки майбутніх вчителів з урахуванням результатів експерименту. Однак, проєкт був орієнтований лише на загальні аспекти навчання освітньої

робототехніки. Конкретних пропозицій щодо трансформації чеської освітньої системи та умов фактичного навчання в школах внесено не було [493].

Протягом 2014 року кафедра інформаційних технологій та освіти продовжила експеримент з впровадження освітньої робототехніки, долучившись до грантового проєкту Карлового університету в Празі. Метою проведення проєкту було включення освітньої робототехніки в навчальний процес учнів, викладачів та вчителів середньої школи на основі конструктивістського підходу в освіті. Реалізація проєкту була спрямована на з'ясування аспектів використання освітньої робототехніки в навчальному процесі середніх шкіл з метою розвитку технологічних знань та навичок програмування в учнів із застосуванням практично-орієнтованих методів навчання та відповідно аспектів підготовки вчителів робототехніки.

На початку дослідження був розроблений навчальний план курсу освітньої робототехніки (з використанням теоретичних основ праць Ж. Піаже, С. Пейперта та ін.). На другому етапі в усіх підрозділах, які брали участь у дослідженні, було впроваджено розроблену систему курсів для учнів, викладачів та вчителів середньої школи, а також проведено їх детальний аналіз. Наступним кроком була підготовка друкованих та електронних посібників курсу, розробка навчальних матеріалів, дидактичних засобів та навчальних програм для курсів з освітньої робототехніки [494].

Уроки проходили у спеціалізованій ІКТ-лабораторії кафедри інформаційних технологій та освіти Карлового університету в Празі та у школах-партнерах. До проєкту було залучено 11 викладачів, 19 вчителів-стажерів, 3 тренери-дослідники та 79 учнів середньої школи.

Результати дослідження підтвердили гіпотезу про те, що навчальні проєкти з робототехніки є важливим педагогічним інструментом, який може бути використаний для засвоєння технологічних знань та розвитку навичок програмування учнів середньої школи. Використання проєктів з освітньої

робототехніки призвело до підвищення якості навчального процесу в експериментальних закладах середньої освіти [494].

Швейцарія. У Швейцарії з 2014 р. по 2018 р. тривав проєкт Thool з використання роботів THIMIO в школі. Метою проєкту була організація та проведення освітніх заходів для державних і приватних шкіл на основі робототехніки. Проєкт фінансувався Швейцарським національним науковим фондом (SNSF) в рамках програми Agora. Його розробка здійснювалась в лабораторії робототехнічних систем (LSRO) політехнічної школи мистецтв Лозанни. Проєкт "Роботи в класі" призначений для навчання вчителів та підвищення їх мотивації щодо впровадження робототехніки в школах. Для цього викладачам Академії технічних наук SATW пропонувались тренінги та курси, які знайшли широку підтримку у франкомовних країнах Європи (Fonds National Suisse), [192].

Ще одним проєктом із впровадження освітньої робототехніки в Швейцарії був проєкт PReSO. Це пілотний проєкт з впровадження освітньої робототехніки, який тривав з 2015 року по 2017 рік. В ньому взяло участь 17 вчителів дошкільних та початкових шкіл Південної Швейцарії. Основною метою проєкту було підвищення інтересу дітей до вивчення ІКТ та STEM-предметів з використанням освітньої робототехніки. Однак, впроваджувати робототехніку в загальноосвітні школи достатньо складно за умов фактично відсутності дидактичних матеріалів. Крім того, часто вчителі сприймають робототехніку як щось занадто важке.

Для подолання цих перешкод і впровадження робототехніки в школи дослідницька група розробила концепцію підготовки вчителів з освітньої робототехніки та підготувала 17 вчителів. Про позитивні результати експерименту свідчить те, що більшість вчителів-учасників включили робототехніку в свої навчальні програми [405].

Австрія, Німеччина. Вивчення досвіду навчання освітньої робототехніки в Австрії та Німеччині показало, що в цих країнах немає

систематичного впровадження робототехніки у навчальні програми закладів освіти. Крім того, підходи до навчання освітньої робототехніки мають несистемний характер, в основному, організовані як курси для учнів та вчителів у позашкільному форматі. Однак, в деяких школах робототехніку починають інтегрувати в звичайні навчальні програми [276].

Словакія. Практика використання робототехніки в освіті в Словачії подібна до Австрії та Німеччини. Так, наприклад, на основі співпраці науковців з університету Коменського та Словацького технічного університету в середній школі Братислави був організований позаурочний клуб з робототехніки, після чого школа вирішила включити модуль з робототехніки в навчальну програму з інформатики. Зокрема, у зазначеному модулі передбачено вивчення таких основних тем, як ознайомлення з принципами робототехніки; побудова моделей з різними датчиками; рух робота по лінії; програмування робота-футболіста й ін. [425].

Однак, в цілому загальноосвітні школи Словачії поки що не готові до широкого впровадження освітньої робототехніки в навчальний процес.

Європейський проєкт RoboESL. Проєкт RoboESL (*Robotics-based learning intervention for prevention school failure and Early School Leaving*), (www.roboesl.eu) – це проєкт ERASMUS+ з освітньої робототехніки за участю університетів Греції, Італії та Латвії. Він є інноваційним в тому сенсі, що робототехніка виступає інструментом навчання для дітей, які ризикують припинити навчання в школі достроково. Метою проєкту було залучення такої категорії учнів до дружнього навчального середовища, яке може відновити їх впевненість, підвищити самооцінку, сформувати позитивні соціальні навички та запропонувати шляхи до продовження навчання в школі. Проєкт тривав з 2015 року по 2017 рік. Зокрема в рамках його реалізації було розроблено навчальну програму для вчителів, які будуть навчати освітньої робототехніки [251].

Три пілотні навчальні курси з робототехніки супроводжувались роботами в шкільних класах усіх трьох країн-учасниць. При цьому, викладачі мали можливість реалізувати розроблений підхід RoboESL до навчання робототехніки зі своїми учнями (віком 13-17 років).

Таким чином, освітня робототехніка поступово входить у навчальні програми європейських шкіл.

США. Питанням використання робототехніки в освіті в Сполучених Штатах Америки приділяється значна увага. Наразі більшість занять з робототехніки є позакласними (тобто проходять в позааудиторний час) або реалізуються в літніх школах.

У 2000 році в США Національний інженерний центр робототехніки (NREC) у складі Академії робототехніки Карнегі-Меллона, профінансований NASA, розробив проєкт табору з робототехнікою для дітей. Ідея виявилася достатньою вдалою, тому директор NREC Д. Барес створив Академію робототехніки Інституту Карнегі-Меллона (CMRA – Carnegie Mellon’s Robotics Academy), (www.cmu.edu/roboticsacademy). Метою функціонування CMRA було використання мотиваційних аспектів робототехніки для активізації навчально-пізнавальної діяльності школярів і залучення їх до STEM-освіти [71].

Паралельно з роботою зі школярами Академія спільно з викладачами Інституту Карнегі-Меллона розробляла програми підготовки педагогів з робототехніки. В наступні роки CMRA було розроблено комплекс навчальних програм для учнів від 10 до 17 років, який включав програмування роботів для апаратних платформ LEGO, VEX і Arduino, навчальні матеріали з програмування мовами LEGO ROBO LAB™, LEGO NXT-Graphical, LEGO EV3-Graphical, ROBOTC, ROBOTC Graphical і LabVIEW. CMRA також було розроблено матеріали та рекомендації для організації табору з робототехнікою й проведено багато конференцій для вчителів [261].

До теперішнього часу в CMRA організуються робототехнічні змагання, проводяться курси, тренінги та конференції для підготовки вчителів робототехніки, розробляються навчальні плани та матеріали. Академія спільно з партнерами проводить дослідницьку роботу щодо застосування робототехніки для залучення до STEM. На даний час CMRA тренує і сертифікує більше 100 000 вчителів, в основному під час проведення тижневих літніх таборів і за допомогою онлайн-курсів.

З 2015 року по 2018 рік в CMRA за підтримки Національного наукового фонду тривав проєкт "Зміна культури в класах робототехніки", основною метою якого було поєднання робототехнічних змагань з навчальними програмами для підготовки учителів для навчання програмування на уроках робототехніки.

В інших університетах робототехніка в основному використовується з суміжними курсами інформатики та/або техніки [333].

Наприклад, американські дослідники Дж. Флот, К. Шунн, А. Луї, Р. Шоп в своїх наукових публікаціях розглядають можливості інтеграції робототехніки з інформатикою. Дослідники вважають, що роботи – ефективний інструмент для навчання базових принципів інформатики, зокрема програмування [343].

Різні дослідження в США спрямовані на вивчення ефективності застосування робототехніки у процесі навчання програмування, математики, фізики, геометрії тощо. Зокрема, зв'язки робототехніки з математикою розглянуті в дисертаційній роботі Е.М. Сілк (університет Піцбургу), в якій автором було досліджено шляхи інтеграції математики з робототехнікою, а також розглянуто ресурси для програмування роботів [456].

Інтеграцію освітньої робототехніки із STEM-предметами у процесі підготовки вчителів досліджено у роботі [55]. Зокрема, тематичні модулі з робототехніки пропонується вбудовувати в математику, програмування, інженерне проєктування та проблемно-орієнтоване навчання.

Росія. На початок 2019-2020 навчального року в російських школах немає окремого предмету "Робототехніка". Поки що робототехніка поширена, в основному, як додаткова освіта в позашкільному форматі. Але за проєктом нового державного освітнього стандарту її планують впровадити в освітню галузь "Технології".

Згідно чинної освітньої програми середньої загальної освіти, що діє в Росії з 2015 року, навчання робототехніки передбачено окремими темами в курсі інформатики (у змістовій лінії "Алгоритми та елементи програмування") та технологій (у змістовій лінії "Сучасні матеріальні, інформаційні та гуманітарні технології та перспективи їх розвитку"), [153]. Зокрема, з робототехніки передбачено вивчення таких тем, як автономні роботи і автоматизовані комплекси; мікроконтролер, сигнал, зворотний зв'язок: отримання сигналів від цифрових датчиків (торкання, відстані, світла, звуку та ін.); розгляд прикладів роботизованих систем і автономних рухомих роботів; навчального середовища для розробки програм управління рухомими роботами та реалізація деяких алгоритмів їх роботи (наприклад, "рух до перешкоди", "проходження вздовж лінії" і т.п.), налагодження програми управління роботом та ін.

Крім того, в Росії діє комплексна програма "Розвиток освітньої робототехніки і неперервної ІТ-освіти", затверджена Автономною некомерційною організацією "Агентство інноваційного розвитку" в 2014 році. Програма спрямована на розвиток в країні системи неперервної освіти в галузі інформаційних технологій, комп'ютерного моделювання, мехатроніки, робототехніки та науково-технічної творчості [92].

На сьогоднішній день в Росії немає спеціальності "педагог з робототехніки" і не існує відповідної програми підготовки для бакалаврату. Однак, ряд педагогічних університетів уже ввели в дію програму магістерської підготовки за напрямом "Робототехніка, мехатроніка і електроніка в освіті". Але не кожен учитель інформатики або фізики готовий вступати до

магістратури, адже така підготовка вимагає багато часу і сил від вчителя, який і так є занадто перевантаженим роботою в школі [71].

На даний момент наймасштабнішою програмою з підготовки фахівців у галузі робототехніки є програма "Робототехніка. Інженерно-технічні кадри інноваційної Росії". Програма впроваджується з 2008 року. А саме на базі палаців дитячої творчості створюються регіональні ресурсні центри, які забезпечуються необхідним обладнанням та навчально-методичними матеріалами. Проводиться велика кількість місцевих і регіональних змагань з робототехніки, які завершуються всеросійським робототехнічним фестивалем "РобоФест" [32].

Також у Росії, починаючи з 2012 року, регулярно проводяться різноманітні курси підвищення кваліфікації для вчителів, які організовуються Російською організацією освітньої робототехніки [71].

Азіатські країни. У Південній Кореї, Японії та Китаї є посібники з робототехніки для вчителів, розроблені для допомоги вчителям при роботі в класі [186].

Сінгапур. У Сінгапурі робототехніку включено як її у формальні, так і неформальні навчальні програми. Сінгапур закладає основу для розвитку штучного інтелекту через освіту. У рамках програми TechSkills Accelerator уряд країни здійснює дві ініціативи для формування технологічних навичок, які сприятимуть розвитку місцевої екосистеми. Робототехніка є частиною цієї програми. Однією з таких ініціатив є розробка для громадськості безкоштовних програм для ознайомлення їх з потенціалом технологій штучного інтелекту. Наприклад, проєкт "AI for Every" ("Штучний інтелект для всіх") спрямований на залучення 10 000 слухачів, включаючи учнів середньої школи та працюючих дорослих [192].

Китай. Робототехніка в Китаї дуже популярна і на оснащення класів витрачається близько мільярда євро на рік. В 2014 році в південно-китайському Сіані, який є центром авіакосмічної промисловості Китаю, на основі програми,

розробленої Інститутом Карнегі-Меллона (США), була заснована компанія China RobotC. Однією із завдань компанії – навчання школярів і студентів робототехніки, а також підготовка викладачів робототехніки для шкіл і коледжів. Підготовка вчителів включає в себе очні курси та онлайн навчання для слухачів з віддалених районів Китаю [71].

Для навчання робототехніки уряд Китаю з 2018 року ввів підручник з основ штучного інтелекту у школах і коледжах. Експеримент проводиться в 40 середніх школах. Підручник розроблений на замовлення уряду Китаю для включення даної дисципліни в курс початкової та середньої школи.

Як показав аналіз зарубіжного досвіду навчання освітньої робототехніки в цілому, в Європі та США вона не впроваджена в школах як окремий навчальний предмет. Велика увага зарубіжними дослідниками приділяється інтеграції робототехніки з навчальними дисциплінами і програмами STEM-освіти. Наприклад, робототехніка включається в STEM-уроки із спрямованістю на математику та природничі науки. Зокрема, більшість закордонних навчальних установ спрямовані на використання мотиваційних аспектів робототехніки для активізації навчально-пізнавальної діяльності школярів та залучення їх до навчання STEM-предметів [192].

Вивчення зарубіжного досвіду підготовки майбутніх учителів для навчання освітньої робототехніки, показало, що їх підготовка в деяких країнах в основному відбувається шляхом підвищення кваліфікації практикуючих учителів на різноманітних курсах, тренінгах, семінарах і т.д. В деяких країнах вона включена в програми підготовки магістрів.

Багато компаній, які виробляють робототехнічні конструктори та обладнання, не тільки продають їх (наприклад, Lego), а й, готують методичні та навчальні матеріали для реалізації технологій STEM-освіти, а також створюють електронні освітні ресурси, навчальні програми, онлайн-уроки, оцінювальні матеріали та ін. Навчання педагогів і школярів базується при цьому на обладнанні, яке виробляють ці компанії.

У зв'язку із становленням інформаційного суспільства та бурхливим розвитком цифрових технологій, зокрема робототехніки як прикладної галузі, на сьогодні особливого значення набувають питання впровадження освітньої робототехніки у навчальний процес закладів освіти. Вивчення та аналіз досвіду зарубіжних країн з питань впровадження освітньої робототехніки дозволить використати кращі методики в Україні для підготовки майбутніх учителів, які будуть навчати освітньої робототехніки.

3.4. Тенденції розвитку освітньої робототехніки в закладах позашкільної освіти

В Україні питанням розвитку робототехніки в рамках освітнього процесу приділяється недостатньо уваги. Її навчання відбувається епізодично: у процесі навчання інформатики, ІКТ, технологій [30; 53; 79; 82; 104; 107], в позашкільній освіті [108; 131; 144], але на цей час системний підхід відсутній [124]. Це пов'язано з тим, що за державним стандартом освіти на сьогодні не існує окремої освітньої галузі "Робототехніка". Саме тому цей напрям є одним з найпопулярніших у закладах позашкільної освіти, як державних, так і комерційних [208].

Таким чином, враховуючи проведені дослідження, слід зазначити про збільшення популярності робототехніки як технічного напрямку взагалі та як освітнього тренду зокрема. Освітній потенціал робототехніки є надзвичайно великим, що пов'язано з появою нових професій робототехнічної галузі.

Оскільки навчання робототехніки в українських школах носить епізодичний характер (як правило, на факультативних гуртках, курсах за вибором або/та як окремі теми шкільного курсу інформатики або технологій), то навчання освітньої робототехніки, в основному, відбувається, в позаурочний час під час відвідування учнями позашкільних гуртків [187; 209].

Найпопулярніші гуртки для навчання освітньої робототехніки, що діють в комерційних закладах позашкільної освіти, детально проаналізовано у дослідженні [208]. Наведемо основні результати даного дослідження.

Для визначення динаміки зростання популярності *комерційних позашкільних гуртків для навчання освітньої робототехніки* було проведено два дослідження з інтервалом у два роки:

- перше дослідження – на початку грудня 2016 р.;
- друге дослідження – в середині грудня 2018 р.

На початку першого дослідження було виявлено 16 різних комерційних гуртків для навчання освітньої робототехніки на основі аналізу результатів видачі на запити в пошукових системах 140 веб-сторінок (табл. 3.1):

Таблиця 3.1

Результати видачі на запити в пошукових системах стосовно комерційних гуртків для навчання освітньої робототехніки (на початок грудня 2016 р.)

<i>№ з/п</i>	<i>Назва гуртка</i>
1.	Boteon
2.	Робототехника IntRobots
3.	Школа моделювання "Robot School"
4.	Технічна студія "Винахідник"
5.	ІТЕА (IT education academy)
6.	RoboUa
7.	Академія професій майбутнього
8.	ІТ-школа СМАРТ
9.	Академія робототехніки ROBOT GOOD
10.	Львівська ІТ школа
11.	BroBots – Brovary IT Hub
12.	Комп'ютерна Академія ШІАГ
13.	IT Future
14.	Guru IT School
15.	Бойко школа
16.	LEGO® Education

(Ресурс: власна розробка [208])

Для визначення популярності освітньої робототехніки проаналізовано діяльність комерційних позашкільних закладів освіти за наступними критеріями:

1. Рейтинг популярності гуртка за результатами видачі на запити пошукових систем.
2. Вік слухачів (мінімальний, максимальний).
3. Робототехнічна платформа навчання.
4. Структура навчальної програми (кількість блоків, занять загалом, наявність диференціації навчального матеріалу).
5. Час діяльності на ринку.
6. Кількість осіб в групах.
7. Розклад.
8. Вартість навчання.
9. Кількість локацій.
10. Можливість безкоштовного навчання.

На рис. 3.11 показано рейтинг популярності комерційних гуртків для навчання освітньої робототехніки за результатами видачі на запити в пошукових системах (на початок грудня 2016 року):

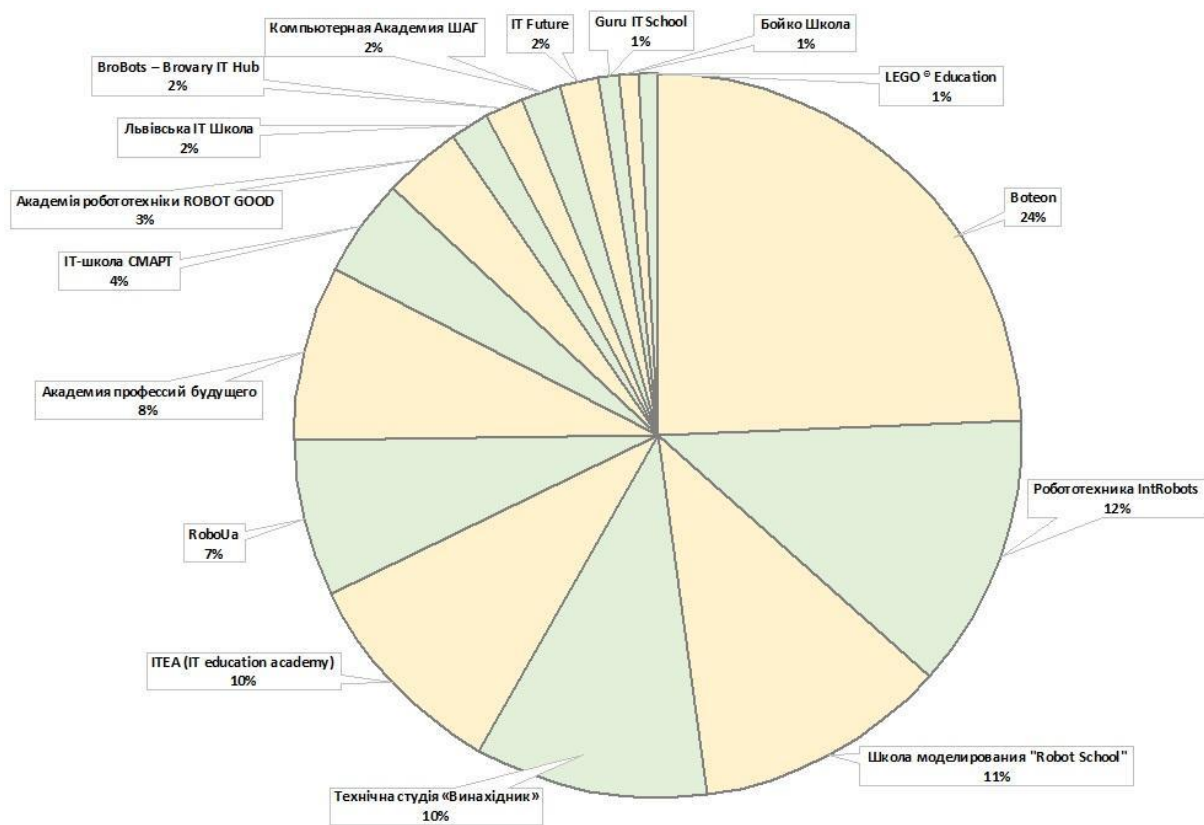


Рис. 3.11. Рейтинг популярності комерційних гуртків для навчання освітньої робототехніки за результатами видачі на запити в пошукових системах (на початок грудня 2016 року)

(Ресурс: власна розробка [208])

Таким чином, з рис. 3.11 видно, що на початок грудня 2016 року найпопулярнішим гуртком для навчання освітньої робототехніки був *Voteton*. Проаналізуємо його характеристики за наведеними вище критеріями:

1. Рейтинг популярності гуртка за результатами видачі на запити пошукових систем: *28 згадувань*.
2. Вік слухачів: *від 6 років*.
3. Робототехнічна платформа навчання: *Arduino*.
4. Структура навчальної програми: *чотири рівня навчання й два бліц курси*.
5. Час діяльності на ринку: *більше 5 років*.
6. Кількість осіб в групах: *до 10*.
7. Розклад: *в залежності від рівня*.

8. Вартість навчання: від 900 грн. в місяць (вартість зазначено на початок грудня 2016 р.).
9. Кількість локацій: 13 філій в м. Києві та філії в інших містах.
10. Можливість безкоштовного навчання: *безкоштовне пробне заняття*.

На основі аналізу діяльності комерційних закладів позашкільної освіти для навчання освітньої робототехніки за визначеними критеріями було виведено середньостатистичне значення (табл. 3.2):

Таблиця 3.2

Середньостатистичне значення за результатами дослідження діяльності комерційних гуртків для навчання освітньої робототехніки (на початок грудня 2016 р.)

<i>Робототехнічна платформа</i>	<i>Середня ціна/заняття</i>	<i>Середній вік (років)</i>	<i>К-сть осіб у групі</i>	<i>Середній час заняття (год.)</i>	<i>Безкоштовне перше заняття</i>
Arduino	213,13 грн.	6	8-10 осіб	1,5	так

(Ресурс: власна розробка [208])

В результаті проведеного дослідження з'ясовано, що для навчання освітньої робототехніки в закладах позашкільної освіти використовуються 3 основні робототехнічні платформи [208]:

1. Arduino – 54 % (7 гуртків).
2. Lego (Education, WeDo) – 31% (4 гуртки).
3. Fischertechnik – 15% (2 гуртки).

Основною формою роботи в гуртках є групова форма з використанням проектної діяльності.

Друге (повторне) дослідження стосовно визначення популярності комерційних позашкільних гуртків для навчання освітньої робототехніки було проведено в середині грудня 2018 року. Його результати подано в табл. 3.3:

**Результати видачі на запити в пошукових системах стосовно
комерційних гуртків для навчання освітньої робототехніки
(на середину грудня 2018 р.)**

<i>№ з/п</i>	<i>Назва гуртка</i>	<i>Кількість різних міст</i>	<i>Робототехнічна платформа</i>	<i>Мінімальний вік</i>	<i>Максимальний вік</i>
1.	Inventor ("Винахідник")	26	Lego	3	17
2.	ВОТЕОН	11	Arduino	6	16
3.	Logos IT Academy	1	Arduino	12	14
4.	Robo.House	1	Arduino	4	17
5.	robotschool	3	Arduino, Lego	6	16
6.	Академія професій майбутнього	1	Arduino, Lego	10, 6	17
7.	BroBots	1	Arduino	9	17
8.	roboua	1	Arduino, Lego	8, 4	14, 7
9.	ROBOCODE	14	Arduino	8	16
10.	СОКРАТ	2	Raspberry PI, Cubelets, LEGO Tetrix, Robotis, Arduino	6	18
11.	KIDBI SmartRob	2	JIMU ROBOT	6	12
12.	ШАГ Мала комп'ютерна академія	1	Arduino	6	14
13.	СМАРТ, українська ІТ школа	1	Lego	5	13
14.	Lego-it, студія розвитку	1	Lego	6	17
15.	Юний інженер, дитячий клуб робототехніки	1	Lego	6	17
16.	introbots	1	Arduino	5	16

(Ресурс: власна розробка [208])

З таблиці 3.3 видно, що деякі гуртки припинили свою діяльність у 2018 році порівняно з 2016 роком. Натомість, з'явилися нові комерційні гуртки. До

лідерів на ринку комерційних гуртків в закладах позашкільної освіти для навчання освітньої робототехніки на момент проведення дослідження належали Inventor (студія "Винахідник" провела ребрендинг та змінила назву на "Inventor"), Voteton, RoboCode та Robo.House.

Дослідження також показало, що в більшості гуртків для навчання освітньої робототехніки наявне обладнання для навчання роботи з 3D технологіями (3D моделювання та друкування). А саме, в основному дітей навчають розробляти власні моделі додаткових комплектуючих майбутніх роботів [208].

За останні 2 роки на ринку з'явилися нові робототехнічні платформи, але в гуртках їх широко не використовуються для навчання дітей через складність, окрім STEM-центру "СОКРАТ". Слід відзначити, що у цьому центрі використовується найбільша кількість робототехнічних платформ різних типів: Raspberry PI, Lego, Cubelets, Tetrax, Robotis та платформи на базі Arduino.

Також відмінним відносно інших гуртків є гурток "KIDBI Smartrob", який єдиним використовує нову робототехнічну платформу JIMU Robot. Слід відмітити, що дана платформа є повністю мобільною й не потребує для програмування використання комп'ютера, оскільки контролер можна програмувати за допомогою смартфона або планшета з використанням безпроводної технології Bluetooth [208].

Проведене дослідження також показало, що серед комерційних гуртків для навчання освітньої робототехніки найчастіше використовуються робототехнічні платформи на базі Arduino та Lego. Їх використовують 52% та 37% гуртків відповідно. Крім того, для молодшого віку платформи на базі Lego використовується частіше, що є логічним, адже вона розрахована на вік від 3 років. Робототехнічні платформи на базі Arduino використовуються частіше для учнів з 10 років.

Слід зазначити, що гуртки з освітньої робототехніки мають не тільки розвиваючу, а й професійно-орієнтаційну функцію. Заняття в гуртках з

робототехніки корисні не тільки учням старшої школи як певний практичний досвід інженерної діяльності, а й, учням середньої та молодшої школи, оскільки це дозволяє збільшити час пропедевтичного етапу до підготовки сучасної молоді до професій у галузі ІТ та інженерно-технічної спрямованості.

Стосовно *некомерційних гуртків для навчання освітньої робототехніки* автором проаналізовано навчальні програми дослідницько-експериментального напрямку Малої академії наук (у секції "Робототехніка" відділення технічних наук), [108; 131; 144]. В результаті проведеного дослідження з'ясовано, що в основному робота таких секцій розрахована на навчання учнів віком від 10 до 18 років й спрямована на залучення дітей до навчання освітньої робототехніки з використанням платформ на базі Lego. Причому зміст навчання на таких гуртках подібний до змісту навчання в комерційних гуртках, які використовують платформу Lego.

Узагальнюючи результати проведеного дослідження, зазначимо, що до обов'язкової складової змісту навчання освітньої робототехніки в закладах позашкільної освіти належать такі модулі:

1. Вступ до робототехніки. Галузі її застосування.
2. Датчики та серводвигуни. Базові робототехнічні моделі.
3. Проектування та конструювання роботів.
4. Програмування робототехнічних платформ. Середовища для програмування робототехнічних платформ.
5. Організація випробувань готових конструкцій роботів.
6. Робота над творчим проектом та підготовка до його захисту.

Таким чином, потреби сьогодення вимагають системної підготовки у галузі робототехніки не тільки учнівської молоді, а й майбутніх учителів, викладачів та керівників гуртків робототехніки. Підготовка майбутніх фахівців у галузі робототехніки потребує оновлення змісту навчання шкільної та університетської освіти відповідно до вимог сьогодення. Тому на сьогодні

особливого значення набувають питання впровадження робототехніки у навчальний процес закладів освіти як обов'язкової складової.

Важливого значення набуває впровадження робототехніки в навчальний процес закладів середньої та вищої освіти, як одного з напрямів STEAM-освіти, розробка відповідних навчальних програм для учнів, майбутніх учителів і системи підвищення кваліфікації вчителів.

3.5. Шляхи впровадження освітньої робототехніки в заклади середньої освіти

Як було зазначено раніше, у зв'язку із стрімким розвитком ІТ-галузі, робототехніки та нанотехнологій в останнє десятиліття в сфері освіти значно збільшився інтерес до освітньої робототехніки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій у галузі освітньої робототехніки показав, що нині науковцями та освітянами України активно ведуться пошуки шляхів впровадження та використання робототехніки в навчальному процесі закладів освіти (Н.В. Морзе, Р.С. Белзецький, Д.В. Боровик, Н.В. Валько, А.Д. Василюк, М.А. Гладун, М.А. Гезалова, С.М. Дзюба, О.В. Задорожна, І.В. Кіт, О.Г. Кіт, П.О. Клименко, Ю.Г. Ковальов, Д.І. Кожем'яка, В.А. Корабльов, О.М. Кривонос Т.І. Лисенко, В.Ю. Луценко, А.І. Лучковський, Т.Л. Мазурок, О.С. Мартинюк, Г.В. Мічуріна, К.С. Ніфантьєв, В.М. Ніколайчук, І.П. Оніщук, С.С. Пахачук, В.А. Соколов, Н.А. Хараджян, С.А. Хачатрян, В.В. Черних, Б.О. Шевель та ін.).

Однак, аналіз їх досвіду та власний досвід показують, що в Україні питанням розвитку робототехніки в рамках освітнього процесу приділяється недостатньо уваги [208]. Зокрема навчання *освітньої робототехніки* в закладах освіти в цілому відбувається епізодично, що також підтверджується результатами дослідження [187, с. 327], а саме:

- в школах у процесі навчання інформатики, ІКТ, технологій, фізики (як модулів або/та окремих тем);
- на факультативах та гуртках у закладах загальної середньої освіти в позаурочний час (в тому числі у процесі підготовки учнів до участі в роботі Малої академії наук (МАН); фестивалях, конкурсах, змаганнях з робототехніки на українському та міжнародному рівнях; для розвитку наукового-технічної творчості школярів тощо);
- у закладах позашкільної освіти (як державних, так і комерційних).

Це свідчить про відсутність системного підходу до навчання освітньої робототехніки в українських школах, що пов'язано з тим, що за державним стандартом освіти на сьогодні не існує окремої освітньої галузі "Робототехніка" [208].

Однак, науковцями й практиками ведуться активні дослідження для з'ясування оптимальних шляхів впровадження освітньої робототехніки в навчальний процес закладів середньої освіти. Зокрема, на теперішній час тривають 2 експерименти всеукраїнського рівня з впровадження робототехніки в шкільну освіту:

- "Створення та апробація методичної системи навчання основам робототехніки як складової STEM-освіти" (Наказ МОН від 02.07.2016 №759), тривалість експерименту: 2016-2021 рр.;
- "Методична система навчання основам технології і робототехніки як складової STEM-освіти" (Наказ МОН від 04.04.2018 №323), тривалість експерименту: 2018-2022 рр.

Таким чином, вищезазначене показує важливість і своєчасність побудови науково-обґрунтованої методичної системи навчання освітньої робототехніки та впровадження систематичного її навчання в шкільну освіту.

Для підтвердження популярності робототехніки як освітнього тренду в Україні, актуальності та важливості її навчання в українських школах автором в 2019 році було проведено дослідження серед українських освітян та

науковців, в якому взяли участь 254 чол. (вчителів, викладачів університетів та коледжів, дослідників, аспірантів галузі освіти, майбутніх учителів та ін.) із шкіл та університетів усіх областей України. Детальніше ознайомитись з результатами зазначеного дослідження можна в роботі [187]. Наведемо основні результати цього дослідження.

Для визначення стану навчання робототехніки в школах України та з'ясування рівня обізнаності освітян і науковців у даній галузі автором було проведено опитування протягом 3-х місяців (з 1 травня по 1 серпня 2019 року).

Розподіл опитуваних за освітніми ролями та регіонами України подано відповідно на рис. 3.12 та рис. 3.13:

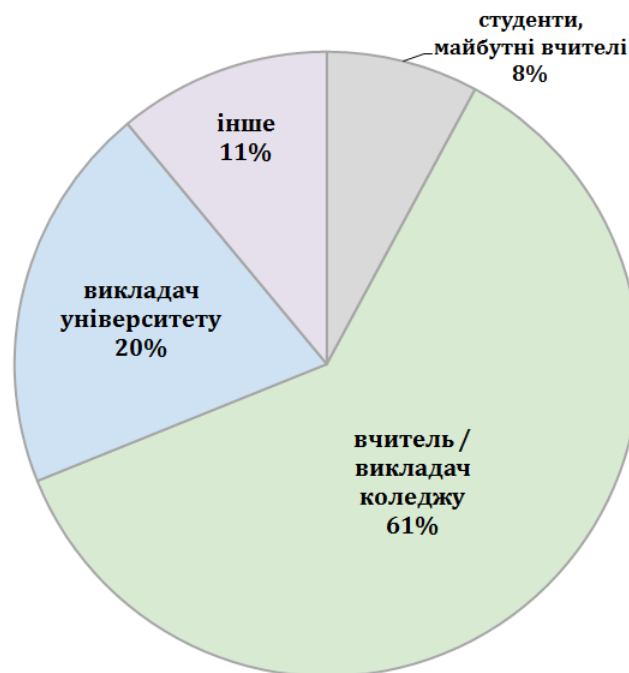


Рис. 3.12. Розподіл респондентів за освітніми ролями

(Ресурс: власна розробка [187, С. 332])

Як видно з рис. 3.12, найбільшу групу респондентів складають шкільні вчителі та викладачі коледжів (61% учасників – 155 осіб). Кількість викладачів університету – 51 чол. (20% учасників). До групи "**Інше**" належать директори шкіл, батьки, учні, дослідники, наукові співробітники, аспіранти галузі освіти, фахівці галузі ІКТ (11% – 28 осіб). Найменшою групою учасників є майбутні вчителі (8% учасників – 20 чол.).

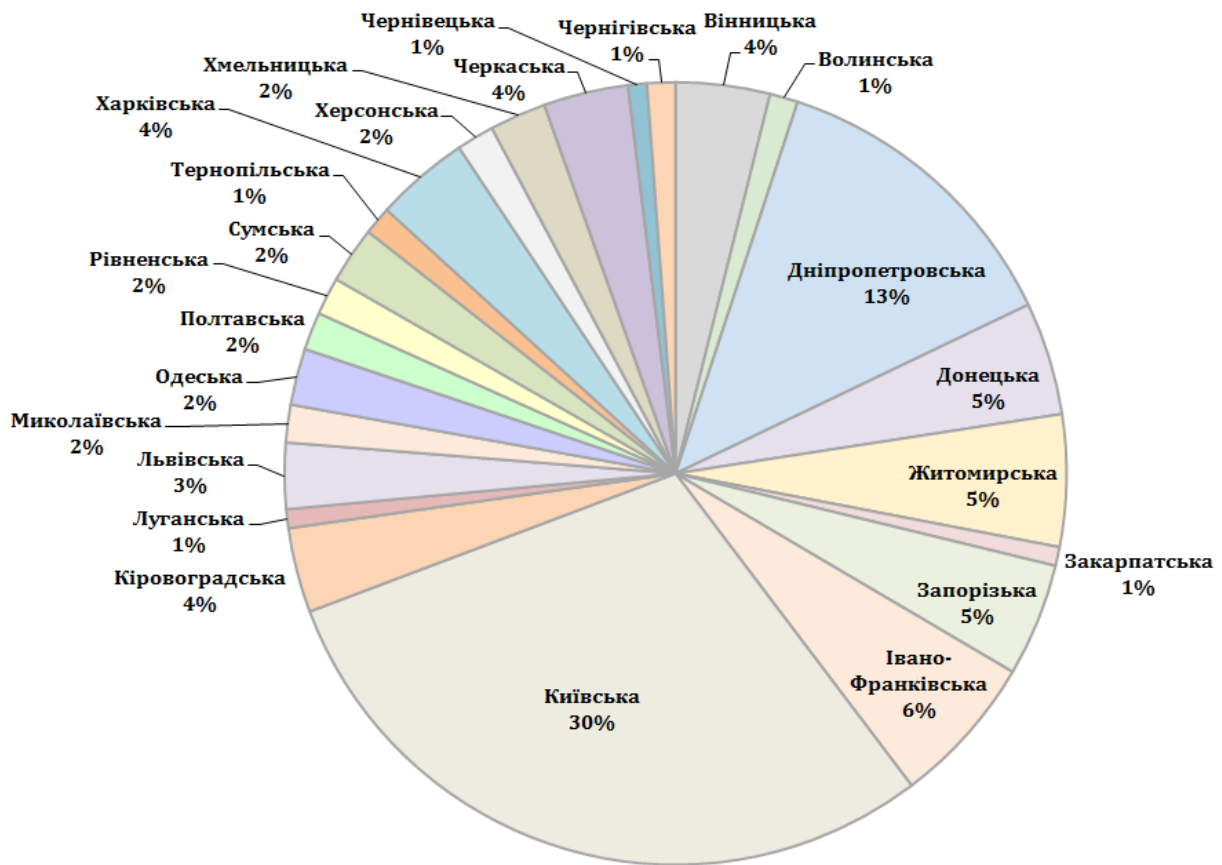


Рис. 3.13. Розподіл респондентів за областями України

(Ресурс: власна розробка [187, с. 333])

Важливо зазначити, що найбільша група опитуваних належить до галузі інформатики та комп'ютерних наук (71,26% учасників). Розподіл опитуваних за напрямками поданий в таблиці 3.4 (загальний відсоток відповідей може перевищувати 100%, оскільки в даному запитанні можливо було обирати кілька відповідей):

Таблиця 3.4

Розподіл респондентів за предметними галузями

Предметна галузь	% відповідей
Інформатичні науки, ІКТ	71,26%
Математичні науки	27,17%
Природничі науки	10,63%
Технічні науки, трудове навчання	15,35%

Предметна галузь	% відповідей
Економічні науки	3,94%
Суспільні науки	4,72%
Філологічні науки	3,94%
Початкова освіта	6,3%
Дошкільне виховання	1,18%
Інше	4,33%

(Ресурс: власна розробка [187, с. 333])

Запитання анкети умовно можна розділити на такі блоки:

- загальні відомості про опитуваних;
- визначення рівня обізнаності освітян та науковців стосовно навчання робототехніки в школах України та їхньої думки стосовно необхідності впровадження робототехніки в заклади освіти;
- визначення стану навчання робототехніки в школах;
- визначення думки освітян та науковців стосовно необхідності підготовки вчителів робототехніки в закладах вищої освіти.

Аналіз результатів опитування освітян і науковців з метою визначення стану навчання робототехніки в школах України та з'ясування рівня обізнаності опитуваних у даній галузі показав, що [187, с. 334]:

- більшість опитаних (96%) вважають робототехніку сучасним освітнім трендом (рис. 3.14);
- більшість опитаних (91%) вважають, що робототехніку потрібно впроваджувати в шкільну освіту (рис. 3.15);
- більшість респондентів (62%) вважають, що освітню робототехніку необхідно впроваджувати в загальноосвітні школи, проте значна частина респондентів (32%) вважає, що робототехніку потрібно впроваджувати лише в школах з природничо-математичним та/або інженерно-технічним профілем (рис. 3.16);

- на сьогодні дискусійним залишається питання, яким чином потрібно впроваджувати робототехніку в українські школи, оскільки 40% опитуваних вважають, що освітню робототехніку слід вводити в навчання як компоненту STEM-освіти через змістові (наскрізні) лінії одразу кількох STEM-предметів (інформатики, фізики, математики, технологій); 25% – як факультатив; 20% – як окремий навчальний предмет (рис. 3.17);
- в той же час значна частина респондентів (46%) вважають, що робототехніку можна виділити в окрему предметну галузь, наприклад, "Освітню робототехніку" (рис. 3.18);
- за даними дослідження в більшості шкіл навчання робототехніки відсутнє (63%), (рис. 3.19). В той же час значна частина опитуваних (32%) зазначає, що навчання робототехніки в певному вигляді в їх школах є: як факультатив або гурток (51%); як позаурочні проекти в рамках підготовки до конкурсів з робототехніки (26%); епізодично, як окремі теми на уроках інформатики, фізики та/або технологій (16%); як окремий навчальний предмет (7%), (рис. 3.20).

Наведемо окремі результати опитування, що показують рівень обізнаності освітян та науковців стосовно навчання робототехніки в школах України та їхньої думки стосовно необхідності впровадження робототехніки в заклади освіти.

3.: Чи погоджуєтесь Ви з тим, що робототехніка є сучасним освітнім трендом?

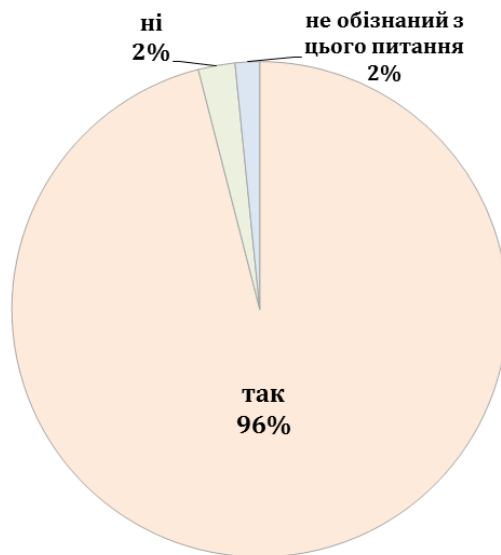


Рис. 3.14. Розподіл відповідей респондентів

(Ресурс: власна розробка [187, с. 335])

3.: Чи вважаєте Ви, що робототехніку необхідно впроваджувати в шкільну освіту?

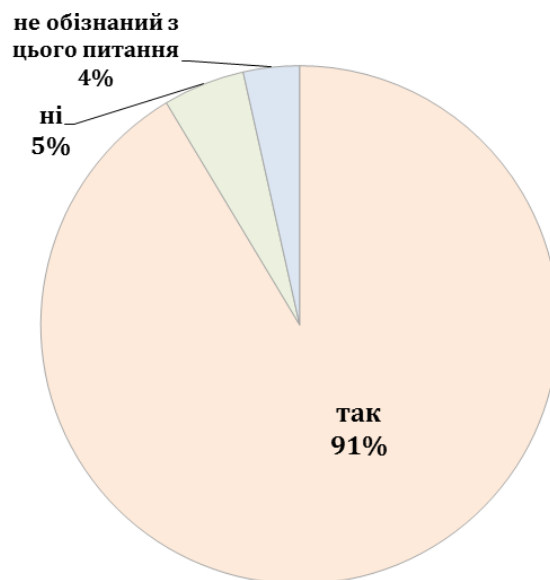


Рис. 3.15. Розподіл відповідей респондентів

(Ресурс: власна розробка [187, с. 336])

3.: В які школи, на Вашу думку, потрібно впроваджувати робототехніку?



Рис. 3.16. Розподіл відповідей респондентів

(Ресурс: власна розробка [187, с. 337])

3.: Яким чином, на Вашу думку, можливо впроваджувати робототехніку в школи України?

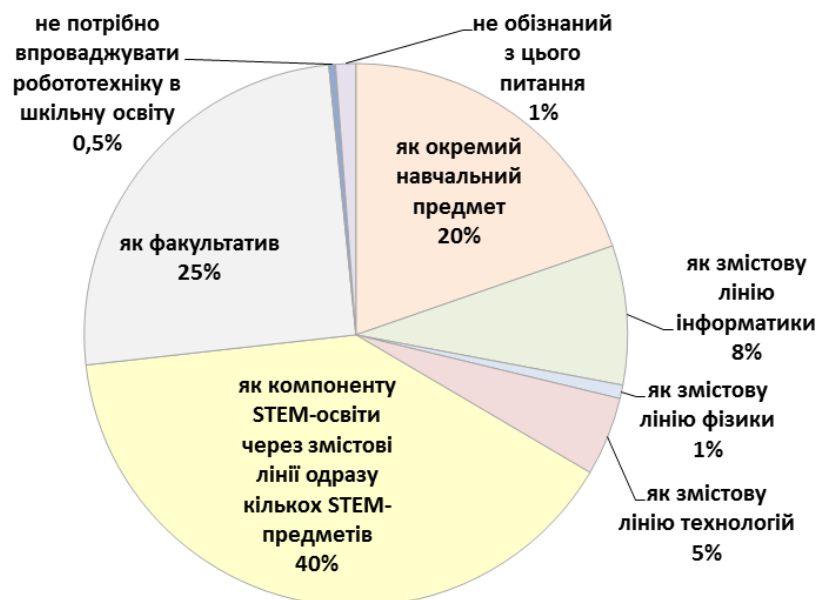


Рис. 3.17. Розподіл відповідей респондентів

(Ресурс: власна розробка [187, с. 337])

3.: Чи потрібно, на Вашу думку, робототехніку виділити в окрему предметну галузь, наприклад, "Освітня робототехніка"?

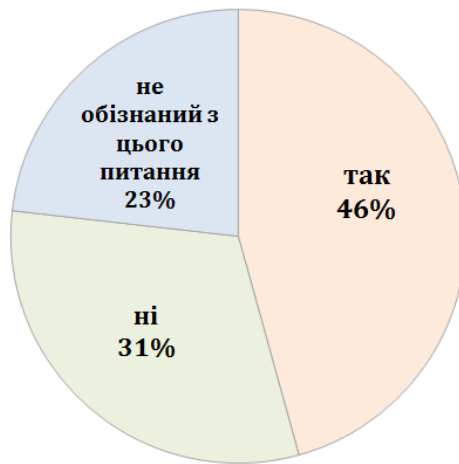


Рис. 3.18. Розподіл відповідей респондентів

(Ресурс: власна розробка [187, с. 338])

Наведемо окремі результати опитування, що показують стан навчання робототехніки в школах України.

3.: Чи є у Вашій школі навчання робототехніки?

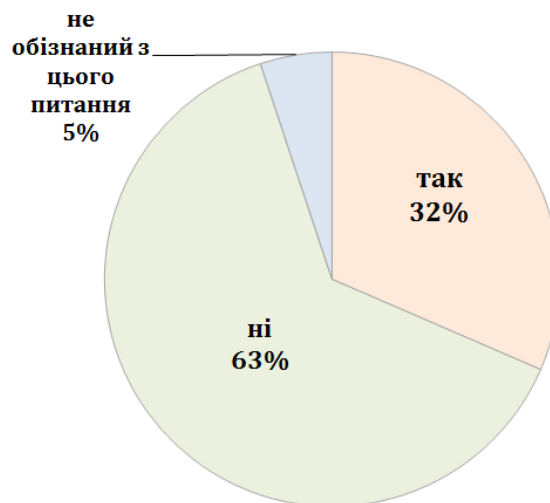


Рис. 3.19. Розподіл відповідей респондентів

(Ресурс: власна розробка [187, с. 338])

3.: Якщо у Вашій школі є навчання робототехніки, то яким чином воно відбувається?



Рис. 3.20. Розподіл відповідей респондентів

(Ресурс: власна розробка [187, с. 339])

Результати опитування, що показують думку освітян та науковців стосовно необхідності підготовки в закладах вищої освіти вчителів, які будуть навчати освітньої робототехніки, розглянуто в п. 4.4.

Таким чином, проведене дослідження підтверджує гіпотезу про те, що на сьогоднішній день є соціальна затребуваність навчання освітньої робототехніки в українських школах як перспективного напрямку STEAM-освіти.

На основі аналізу світових тенденцій розвитку робототехнічної галузі; аналізу стану розвитку робототехніки як освітнього тренду; аналізу даних, зібраних на тематичних заходах, присвячених робототехніці; системного аналізу наукових, методичних та інтернет-джерел з проблеми дослідження; результатів проведеного дослідження стосовно визначення стану навчання робототехніки в школах України; узагальнення зазначених даних, власного досвіду і власних попередніх досліджень (2015-2020 рр.) можна зробити висновки про наступні тенденції розвитку освітньої робототехніки:

- На теперішній час в Україні робототехніка є освітнім трендом.

- Робототехніка є популярним та ефективним методом для вивчення важливих галузей науки, конструювання й базується на активному використанні сучасних технологій у виробництві, ІКТ та високому інтелектуальному рівні фахівців, які будуть працювати в умовах інноваційної економіки.
- Існує нагальна потреба у навчанні дітей освітньої робототехніки – для підготовки фахівців для майбутніх професій, пов'язаних з робототехнічною галуззю та для розвитку в учнів наукового мислення й технічної творчості.
- Існує необхідність у введенні освітньої робототехніки як у шкільну програму.

Зокрема шляхами впровадження освітньої робототехніки, на думку автора, можуть бути:

- виокремлення робототехніки в окрему освітню галузь (наприклад, "*Освітня робототехніка*"), розробка відповідних шкільних навчальних планів та програм; їх імплементація в навчальний процес (*найефективніший шлях*);
- введення освітньої робототехніки в шкільний курс інформатики (наприклад, як окремий модуль або/та змістову (наскрізну) лінію);
- введення освітньої робототехніки як компоненти STEAM-освіти через (наскрізні) змістові лінії STEM-предметів (фізики, інформатики, математики, технологій);
- введення освітньої робототехніки в шкільний курс технологій.

Крім того, для впровадження та навчання освітньої робототехніки в українських школах на теперішній час є передумови [187, с. 341]:

- оновлені типові освітні програми для молодшої (1-4 класи) і базової школи (5-9 класи);
- оновлена програма шкільного курсу інформатики для початкової, основної та старшої школи (що сприятиме розвитку в учнів алгоритмічного мислення, важливого для навчання освітньої робототехніки);

- проведення численних конкурсів з робототехніки й конструювання та участь у них українських команд (наприклад, Всесвітня олімпіада з робототехніки World Robot Olympiad (WRO), INFOMATRIX, Всеукраїнська олімпіада з робототехніки "ROBOTICA", олімпіада з робототехніки "Asimov Olympics", секція "Робототехніка та інтелектуальні машини" Всеукраїнського науково-технічного конкурсу "Intel-Техно Україна" (попередня назва "Intel ЕКО Україна"), секція "Робототехніка" МАН та ін.), внаслідок чого бурхливо розвиваються факультативи з робототехніки в школах, гуртки в закладах позашкільної освіти (в переважній більшості комерційні);
- проведення експериментів всеукраїнського рівня з впровадження робототехніки в шкільну освіту;
- утворення в українському освітньому просторі спільнот освітян, які або вже навчають, або бажають навчати освітньої робототехніки в школах за рахунок варіативної складової, на факультативах, гуртках, в закладах позашкільної освіти, переважно за авторськими програмами.

В той же час, є багато інших питань, пов'язаних з впровадженням освітньої робототехніки в навчальний процес закладів шкільної освіти, які є також дискусійними. Наведемо найважливіші з них:

- стосовно того, чи потрібно впроваджувати освітню робототехніку в загальноосвітні школи або тільки в школи (класи) з природничо-математичним та/або інженерно-технічним профілем;
- стосовно того, з якого класу (віку) потрібно навчати освітньої робототехніки;
- мети та змісту навчання освітньої робототехніки в школі (що також залежить від вирішення попередніх питань);
- змісту підготовки майбутніх учителів робототехніки (залежить від вирішення попередніх питань).
- який шлях впровадження освітньої робототехніки є найефективнішим на теперішній час (чи буде освітня робототехніка виділена в окрему предметну

галузь, про що свідчать вимоги сьогодення, чи буде введена в шкільний курс інформатики (фізики, технологій) як окремі модулі, змістові лінії тощо);

- чи потрібно впроваджувати освітню робототехніку в загальноосвітні школи, чи тільки в школи (класи) з природничо-математичним та/або інженерно-технічним профілем;
- відсутність концепції впровадження освітньої робототехніки в школи України;
- визначення мети, структури та змісту навчання освітньої робототехніки в школі;
- визначення віку (класу), з якого варто починати навчати дітей освітньої робототехніки;
- вирішення питань матеріально-технічного, методичного, кадрового забезпечення навчального процесу освітньої робототехніки;
- відсутність кваліфікованих вчителів, які будуть навчати освітньої робототехніки. Для вирішення цього питання необхідне також оновлення змісту навчання університетської освіти відповідно до вимог сьогодення.

Таким чином, актуальність і своєчасність впровадження освітньої робототехніки в українські школи та необхідність підготовки вчителів робототехніки не викликає сумнівів.

Результати проведеного дослідження серед українських науковців і освітян (рис. 3.15 – рис. 3.17) свідчать про те, що на сьогодні виникає необхідність у визначенні шляхів впровадження освітньої робототехніки у навчальний процес закладів освіти.

На теперішній час для вирішення зазначеної проблеми головним питанням серед науковців та освітян, які займаються впровадженням освітньої робототехніки у навчальний процес, є питання:

"Якою повинна бути шкільна робототехніка?"

Для цього вирішення цього питання автором також було проаналізовано наступні існуючі програми з робототехніки в закладах шкільної та позашкільної освіти:

- Боровик Д.В., Вовковінська Н.В., Войченко О.П. Програма курсу "Технічна творчість. Робототехніка 5-9 класи" [21].
- Василюк А.Д., Клименко П.О., Ніфантьєв К.С. *Програма курсу за вибором "Робототехніка" для учнів 8-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів.* 2018 [30].
- Гезалова М.А. *Навчальна програма з позашкільної освіти науково-технічного напрямку "Основи робототехніки та комп'ютерного моделювання".* Запоріжжя, 2013.
- Дзюба С.М., Кіт І.В., Кіт О.Г., Мічуріна Г.В., Хачатрян С.А. *Навчальна програма курсу за вибором з трудового навчання та технічної творчості для 5-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів "Технологія керування робототехнічними системами".* 2013 [53].
- Кіт І.В., Кіт О.Г. *Програма курсу за вибором "Проектування робототехнічних систем" для вивчення у 7-9 класах* [79].
- Кожем'яка Д.І. *Навчальна програма курсу за вибором "Основи робототехніки" для вивчення у 5-9 класах.* Лист ІМЗО від 04.12.2015 № 2.1/12-Г-106. К.: Пролего, 2015 [82].
- Лисенко Т.І., Шевель Б.О. *Програма курсу за вибором "Основи робототехніки" як варіативного модуля до навчальної програми "Технології. 10-11 класи"* [104].
- Луценко В.Ю. *Використання засобів робототехніки при вивченні змістової лінії "Основи алгоритмізації та програмування":* Методичний посібник. Вінниця: ММК, 2015. 38 с. [107].
- Лучковський А.І., Соколов В.А. *Технічна обдарованість старшокласників: Методичні рекомендації.* К.: Вид-во Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2018. 253 с. [108].

- Лучковський А.І., Соколов В.А. Навчальна програма з позашкільної освіти дослідницько-експериментального напрямку "Робототехніка", 2018.
- Навчальна програма "Технології 10-11 класи" (рівень стандарту) 2017 [130].
- Навчальні програми з позашкільної освіти. Науково-технічний напрям / за ред. Шкури Г.А., Ніколайко Н.Ю. К.: УДЦПО, 2018. Вип. 3. 117 с. [131].
- Пахачук С.С., Оніщук І.П. Збірник навчальних програм з позашкільної освіти дослідницько-експериментального напрямку секції "Робототехніка" [144].

На основі проведеного аналізу існуючих програм навчання робототехніки в закладах шкільної та позашкільної освіти, узагальнення зазначених даних, власних попередніх досліджень (2015-2020 рр.) та власного досвіду навчання освітньої робототехніки можна умовно виокремити 5 основних напрямів впровадження освітньої робототехніки у навчальний процес закладів шкільної освіти [209], які в подальшому можуть бути визначені як змістові лінії (модулі) шкільного курсу робототехніки (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

**Напрями впровадження освітньої робототехніки
в заклади освіти**

№ з/п	Назва напрямку (змістової лінії, модуля)	Клас / вік, з якого пропонується впроваджувати даний напрям у закладах освіти
1.	Робототехніка для дошкільнят (пропедевтичний курс)	3-6 років
2.	Класична робототехніка	початкова, середня школа
3.	Базово-модельна робототехніка	початкова, середня школа
4.	Мейкерство в робототехніці	середня школа
5.	Проектна робототехніка	старші класи

(Ресурс: власна розробка [209])

Охарактеризуємо кожний напрям окремо.

Робототехніка для дошкільнят

Цей напрям фактично є пропедевтикою навчання освітньої робототехніки в закладах шкільної освіти.

На думку багатьох практиків та дослідників методичних питань навчання освітньої робототехніки, починати її впровадження у навчальний процес варто ще з дитячого садка. Освітні рішення для цього є в достатній кількості. Так, наприклад, концепт *First Bot (перший робот)* повністю розкриває особливості навчання робототехніки для дітей цього віку. На цьому рівні варто вперше ознайомити дітей з роботами. Причому, це можна робити, починаючи вже з 3-х років. Також, слід відмітити, що на даному етапі конструювання роботів або відсутнє, або зведене до мінімуму, проте відбувається інтенсивний розвиток логічного та алгоритмічного мислення. Такі заняття можуть допомогти дітям дошкільного віку отримати початкові уявлення про такі речі, як послідовності, цикли, алгоритми; засвоїти ази програмування. Цікавою рисою робототехнічних рішень для дошкільнят є відсутність роботи з комп'ютерами, ноутбуками та іншими гаджетами, що є дуже позитивним моментом, оскільки дозволяє уникнути дітям звикання до роботи з такими пристроями [209].

У молодшій школі зазвичай робототехніка розділяється на два напрями: "*Класична робототехніка*" та "*Базово-модельна робототехніка*".

Класична робототехніка

В основі цього напрямку лежить застосування готових робототехнічних наборів, з яких можна збирати велику кількість моделей. Для пояснення головної мети впровадження даного напрямку наведемо одне з означень робототехніки.

Зважаючи на зазначене, класична робототехніка включає в себе такі складові, як:

- ідею створення конкретного робота та відповідне технічне завдання;

- моделювання робота (на перших кроках відбувається детальний огляд майбутньої моделі, а з часом учні можуть самостійно робити ескізи та створювати їх 3D-моделі);
- конструювання робота, ознайомлення учнів з основами побудови різноманітних конструкцій, збирання простих і складних механізмів та механічних передач;
- ознайомлення учнів з основами мікроелектроніки (вивчення принципів роботи електронних компонентів робота: моторів, сенсорів, робототехнічних плат тощо);
- складання алгоритму роботи та програмування робота відповідно до технічного завдання;
- тестування робота (вдосконалення конструкції та програми, якщо в цьому є необхідність).

Розглянуті складові є дуже важливими на початку формування в учнів знань з робототехніки, набуття ними відповідних навичок, а також для усвідомлення школярами того, що робот – це складна електромеханічна система [209].

Базово-модельна робототехніка

У даному напрямі передбачено використання однієї або кількох базових моделей робота протягом всього курсу навчання. При цьому учні отримують нові знання та навички з основ програмування та мікроелектроніки. Також, зважаючи на рівень підготовки школярів, сюди можна віднести 3D-моделювання та вдосконалення роботів різноманітними підручними матеріалами. У даному напрямі можна також поглибити навички візуального програмування (за допомогою блоків), адже таке програмування роботів виступає потужним інструментом для простого і зрозумілого пояснення достатньо складних понять програмування, що необхідно на початку формування відповідних умінь і навичок з робототехніки. Крім того, школярі

можуть швидко перевірити результати своєї діяльності (наприклад, результати дії програми, роботи робота, відлагодити їх за потреби).

За даним напрямом передбачено також, щоб учні на уроках самостійно створювали роботів, програмували їх на виконання певних дій. Таким чином, відбувається усвідомлення зв'язку між створеною програмою і діями робота. Така структура дає можливість крок за кроком навчати школярів не тільки робототехніки, а й основ програмування, щороку ускладнюючи завдання та поглиблюючи їх знання [209].

Оскільки протягом навчання за даним напрямом, в основному, використовується тільки одна модель, необхідно побудувати курс так, щоб зберегти мотивацію учнів до навчання.

Робототехніку середньої та старшої школи, крім попередніх напрямів, доповнюють "*Мейкерство в робототехніці*" та "*Проектна робототехніка*".

Мейкерство в робототехніці

Метою навчання робототехніки за даним напрямом є ознайомлення учнів з електронними компонентами та основами створення каркасів і механічних вузлів. В процесі навчання школярі знайомляться з різноманітними платами, вчать їх програмувати та працювати з інтегрованими та периферійними пристроями (мотори, сенсори тощо). В цей курс важливо також включити основи мікроелектроніки та паяння. Даний напрям є одним з базових, оскільки охоплює такі теми [209]:

- основи електрики та мікроелектроніки (робота з мультиметром, прокладання електропроводки тощо), робота з аналоговими та цифровими сигналами, протоколи, основи програмування плат (деякі з плат можна програмувати на 3-4 мовах програмування) тощо.
- 3D-технології (3D-моделювання і 3D-друкування);
- робота з каркасними матеріалами (металами, деревом, акрилом, оргсклом, пластиком, фанерою, картоном тощо). При роботі з ними доцільно ознайомити учнів з основами свердління та монтажно-фіксаційними

елементами (болти, гайки, шайби, саморізи, стяжки, клеї, термоклеї тощо). Ці знання та уміння є підґрунтям для т.з. *мейкерства* – *DIY (Do It Yourself – "зроби це сам")*, *IoT (Internet of Things – інтернету речей)*, *Smart House ("розумного будинку")* тощо.

Проектна робототехніка

В основі даного напрямку лежить постійна робота з однією моделлю або проектом, що розробляється для підготовки до різноманітних змагань, олімпіад, фестивалів, наукових виставок тощо.

До напрямку належить розробка робототехнічних стартапів; створення дронів, побутових, промислових роботів тощо. Цей напрям можна також охарактеризувати як "робототехніка для винахідників". Варто відзначити, що до цього концепту належить створення роботів, де як каркаси використовуються не лише технічні деталі наборів, а й різноманітні каркасні матеріали, а також розроблені та надруковані на 3D-принтері власні деталі.

За напрямом передбачено постійна робота лише з однією моделлю з багаторазовим її тестуванням та вдосконаленням. Цей напрям є логічним продовженням попереднього і орієнтований, в основному, на старші класи [209].

Окреслені напрями є авторським баченням того, за якими модулями можна впроваджувати освітню робототехніку в заклади шкільної освіти в Україні. На теперішній час питання стосовно того, якою повинна бути робототехніка в школі, є дискусійним та відкритим.

Висновки до розділу 3

1. Сучасний етап розвитку науки й техніки характеризується зростанням популярності робототехніки та розширенням сфери використання роботів. Аналіз світових тенденцій розвитку робототехнічної галузі показує: зростання обсягу виробництва промислових, службових роботів і роботів для домашнього використання; впровадження робототехнічних механізмів

і комплексної автоматизації виробництва в багатьох галузях суспільної діяльності (промисловість, військова, космічна, автомобільна галузі, авіація, медицина, сфера обслуговування, побут тощо); прискорення швидкості автоматизації виробництва у найближчі роки (за даними досліджень Всесвітнього економічного форуму до 2025 р. значно зміниться співвідношення у розподілі праці "людина-робот" у бік роботизації – до 52%); зростання попиту на спеціалістів робототехнічної галузі в цілому, оскільки вже зараз існує нагальна потреба у фахівцях для розробки, конструювання та програмування роботів (таких, наприклад, як оператор багатофункціональних робототехнічних комплексів, проєктувальник роботів, сервісний інженер з робототехніки, програміст з робототехніки, оператор медичних роботів, інженер безпілотних пристроїв та ін.). Це вказує на необхідність підготовки сучасної молоді до майбутніх професій робототехнічної галузі.

2. Стрімкий розвиток робототехнічної галузі та висока затребуваність відповідних фахівців сприяють підвищенню популярності робототехніки як освітнього тренду в Україні та світі. Загальні тенденції впровадження робототехніки в освіту змінилися протягом останніх 6 років після появи доступних компонентів для її навчання, що уможливило широке розповсюдження власноруч сконструйованих роботів. Таким чином виник новий напрям в освіті – *"освітня робототехніка"*, який є перспективним напрямом STEAM-освіти. За результатами проведеного дослідження *освітню робототехніку* визначено як міжпредметний напрям навчання учнів з використанням роботів і робототехнічних систем, у процесі якого інтегруються знання зі STEAM-предметів (фізики, технологій, математики, природничих наук, дизайну), інформатики, мехатроніки, кібернетики.
3. Основною метою і завданнями впровадження освітньої робототехніки в навчальний процес закладів освіти є: формування та розвиток в учнів інтересу до природничих і точних наук, науково-технічної творчості, що

відповідає ідеям STEAM-освіти; формування навичок роботи з технічними пристроями та умінь практичного вирішення актуальних інженерно-технічних проблем; інтелектуальний розвиток особистості, зокрема розвиток логічного, алгоритмічного та креативного мислення, пам'яті, уваги, наукової інтуїції; формування наукового світогляду як невід'ємної складової загальної культури людини, необхідної умови повноцінного життя в сучасному суспільстві; формування крос-галузових компетентностей (знань, що знаходяться на стику різних предметів, галузей, умінь та навичок їх застосовувати в реальних практичних ситуаціях); формування гнучких навичок; формування якостей особистості, яка здатна самостійно ставити цілі, проєктувати шляхи їх реалізації, контролювати й оцінювати свої досягнення.

4. Вивчення зарубіжного досвіду підготовки майбутніх учителів для навчання освітньої робототехніки, показало, що їх підготовка в деяких країнах відбувається в основному шляхом підвищення кваліфікації практикуючих учителів на різноманітних курсах, тренінгах, семінарах і т.д. В інших країнах вона включена в програми підготовки магістрів. Вивчення питань, пов'язаних із впровадженням освітньої робототехніки в заклади освіти в Україні, показало, що в рамках освітнього процесу цій проблемі приділяється недостатньо уваги. Її навчання відбувається епізодично: в школах у процесі навчання інформатики, ІКТ, технологій, фізики (як модулів або/та окремих тем); на факультативах; гуртках у закладах загальної середньої освіти в позаурочний час; у закладах позашкільної освіти (як державних, так і комерційних); в різних формах неформальної освіти. Це свідчить про відсутність системного підходу до навчання освітньої робототехніки в українських школах, що пов'язано з тим, що за державним стандартом освіти на сьогодні не існує окремої освітньої галузі "Робототехніка". Таким чином, актуальною проблемою сьогодення є визначення шляхів впровадження освітньої робототехніки у навчальний

процес закладів освіти. На думку автора даної роботи такими шляхами можуть бути: виокремлення робототехніки в окрему освітню галузь (наприклад, "*Освітня робототехніка*"), розробка відповідних шкільних навчальних планів та програм; їх імплементація в навчальний процес (*найефективніший шлях*); введення освітньої робототехніки в шкільний курс інформатики (наприклад, як окремий модуль або/та змістову (наскрізну) лінію); введення освітньої робототехніки як компоненти STEAM-освіти через (наскрізні) змістові лінії STEM-предметів (фізики, інформатики, математики, технологій); введення освітньої робототехніки в шкільний курс технологій.

5. Основні результати дослідження, розглянуті у третьому розділі роботи, відображено в публікаціях [128; 187; 192; 196; 208; 209; 400].

Розділ 4. Методичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти

4.1. Особливості розвитку сучасного покоління учнів та студентів в умовах становлення цифрового суспільства

Багато останніх досліджень вказують на те, що зміни, які відбуваються в процесі становлення цифрового суспільства, призводять до того, що традиційна система освіти недостатньо спроможна задовольнити потреби соціуму в підготовці сучасної молоді до життя в нових умовах.

Сучасне покоління дітей народжується та зростає в умовах швидкого розвитку цифрових технологій, цифрової трансформації багатьох галузей суспільної діяльності тощо. Ці зміни молодь сприймає як повсякденні явища, це їх звичайний світ, в якому вони легко орієнтуються й приймають нові формати взаємодії природно.

Роль учителів та батьків як основних джерел нових знань вже суттєво змінилася для підростаючого покоління. Адже сучасний школяр може швидше, ніж іноді дорослі відшукати певні дані та їх використовувати. Для того, щоб ефективно навчати молодь, потрібно розуміти їх мотиваційні чинники, способи мислення, особливості сприйняття навчального матеріалу в умовах постійного використання ними цифрових пристроїв тощо.

Особливості нового покоління частково пояснюються "*теорією поколінь*", створеною американськими вченими Нейлом Хоувом (Neil Howe) та Уільямом Штраусом (William Strauss) у 1991 році [354].

Теорія поколінь була спрямована на вивчення англо-американської історії. Але пізніше вона набула широкого поширення в багатьох країнах світу.

Після США спочатку її перевірили в Південно-Африканській республіці, далі – в країнах "азіатських тигрів", а потім в країнах Західної та Східної Європи.

Відповідно до даної теорії кожні 20-25 років народжується нове покоління людей, які мають риси характеру, звички й особливості, що виділяють їх на тлі всіх інших. Крім того, це люди, які виростили в один час, пережили схожий досвід, та, як правило, мають загальну систему цінностей. В цілому, теорія поколінь побудована на циклічності розвитку суспільства з урахуванням закономірного чергування етапів підйому й кризи.

Виокремлення покоління груп в даній концепції зумовлено не просто датою народження, а й набором схожих базових цінностей, сформованих під впливом певних соціальних, економічних і політичних умов, в яких людина зростає приблизно до 12-ти років, тобто особливостей навколишнього суспільного середовища індивіда та норм сімейного виховання, характерних для відповідного періоду [49].

Головною ідеєю теорії поколінь є те, що ключовим елементом визначення тимчасових рамок будь-якого покоління є категорія цінностей, які загальні для різних країн (наприклад, такі ключові події в світі, як виникнення інтернету, поширення мобільного зв'язку тощо). Зміна поколінь також проходить практично в одному режимі в усьому світі [49; 289; 354].

Відповідно до теорії поколінь розрізняють такі типи поколінь в ХХ ст. та ХХІ ст. [354]:

1. **Мовчазне покоління**, інша назва: *традиціоналісти* (народжені в 1923-1943 роках);
2. **Бєбі-бумєри**, інші назви: *післявоєнне покоління, покоління демографічного вибуху* (народжені в 1944-1963 роках);
3. **Покоління Х** (народжені в 1964-1983 роках);
4. **Покоління Y**, інші назви: *мережеве покоління, покоління "міленіум", покоління соціальних мереж, нульові* (народжені в 1984-2003 роках);

5. **Покоління Z**, інші назви: *цифрове покоління, покоління "MeMeMe" ("ЯЯЯ")*, (народжені в 2004-2010 роках);
6. **Покоління "Альфа"**, інші назви: *діти смартфонів, Google babies, поколінням дзен* (народжені з 2010 року й донині).

Наведемо короткі характеристики поколінь X, Y, Z і "Альфа" для з'ясування того, наскільки суттєвою є відмінність у їх світосприйнятті та потребах [49; 289; 354; 500].

Покоління X. Як правило, люди з покоління X відрізняються глобальною поінформованістю, технічної підкованістю, а також самостійністю. Представники цього покоління виховані батьками в епоху економічних та політичних змін. З дитинства вони привчені до самостійності через постійну зайнятість батьків. Тому в них сформувались такі якості, як відповідальність, сумлінність, готовність до змін, розрахунок на власні сили, врахування життєвого досвіду.

Вони високо цінують знання, продовжують послідовно вчитися й будувати кар'єру протягом всього життя, причому їх освіта достатньо глибока і системна. Представники цього покоління із задоволенням діляться своїми знаннями, навичками, цінують час, можливість вибору, в роботі обов'язково повинні бачити сенс та потребують постійної реалізації своїх творчих здібностей, прояві нестандартності мислення. Надають великого значення моральним нормам, а тому уважні до людей та вміють успішно вибудувати ділові комунікації. Відрізняються здатністю до прийняття рішень, але, в той же час, орієнтовані на думку близьких у здійсненні важливих кроків. Ці люди – потенційні підприємці, ефективні керівники, гарні експерти й наставники [49; 354].

Характерною особливістю сучасного етапу розвитку суспільства є поява нового покоління людей – так званих "*цифрових аборигенів*" (*digital natives*). Цей термін вперше використав американський дослідник Марк Пренскій у 2001 році [428]. Так він став називати людей, які народились тоді, коли вже були

створені цифрові технології. Для "цифрових аборигенів" все, що пов'язано з цифровими технологіями, є доступним, простим, зрозумілим, оскільки їх дорослішання відбувалося під впливом комп'ютерних ігор, мобільних телефонів та інших цифрових засобів. Їх взаємодія з іншими людьми засобами цифрових комунікацій навчила їх думати і опрацьовувати дані інакше, ніж це роблять їх попередники.

Для попередників "цифрових аборигенів" Марк Пренскій запропонував термін "*цифрові іммігранти*" (*digital immigrants*) – це люди, які народилися раніше, коли ще не існувало цифрових технологій. Вони освоювали ці технології вже дорослими [428].

Відповідно до теорії поколінь та дослідження М. Пренського представники поколінь Y та Z належать до "цифрових аборигенів", а інші покоління (покоління X, бекі-бумери, мовчазне покоління) – до "цифрових іммігрантів".

Покоління Y. На представників цього покоління основний вплив мали інтенсивний розвиток ІКТ та цифрових технологій, в результаті чого одними з основних їх властивостей є: гнучкість мислення, здатність до швидкого накопичення досвіду, сильна залежність від цифрових технологій, високий рівень володіння сучасними засобами комунікацій, мобільність, дружність.

Їх дитинство пройшло під батьківською опікою, але зовнішнє середовище навколо них змінювалася неймовірно швидко. Як правило, це енергійні люди, які легко пристосовуються, вміють виконувати роботу великих обсягів. Вони постійно прагнуть до нових знань, розвитку; розуміють, що час рухається швидко, тому не хочуть бути вузьким фахівцем, а розвиваються в різних сферах одночасно.

Представники цього покоління до навчання ставляться досить формально і, як правило, не прагнуть до отримання фундаментальної освіти. Вони здатні до адаптації в корпоративному середовищі, однак їхня робота не може займати весь їх час. Люди з покоління Y завжди будуть прагнути підлаштовувати умови

праці під своє життя, віддаючи переваги гнучкому графіку та дистанційному виконанню завдань [49].

До цього покоління належить більшість сучасних студентів. Багато дослідників відзначають, що навчання цих молодих людей істотно відрізняється від навчання студентів минулих років. Сучасні студенти мають ряд характеристик, які кардинально змінюють традиційний навчальний процес. Розуміючи ці особливості, педагог може спростити навчальний процес, змотивувати студентів, активізувати їх навчально-пізнавальну діяльність і, як результат, покращити ефективність і результативність навчання [224; 500].

Покоління Z. Це діти глобалізації та цифрового суспільства. На їх соціальний світогляд вплинули світова фінансово-економічна криза, розвиток мобільних технологій, технологій на основі Веб 2.0 та цифрових технологій в цілому.

Це покоління відрізняється абсолютною відсутністю чітко визначеної життєвої позиції, що пов'язано з надмірною батьківською гіперопікою. Тому вони ще менш самостійні й більш орієнтовані на себе, ніж представники покоління Y. Насторожено ставляться до всього незнайомого, відчують себе абсолютно вільно тільки в мережному середовищі, прекрасно орієнтуючись в штучно змодельованих ситуаціях й відчуючи значні труднощі під час командної роботи. Люди цього покоління несамостійні, постійно потребують опіки й того, щоб їм хтось вказував на те, чим вони повинні займатися, проте, досить волелюбні, їх важко до чого-небудь змусувати, адже вони ніколи не будуть робити того, чого не хочуть [49; 289].

Наведемо ще деякі їх характеристики [49; 355; 356].

Діти цього покоління товариські й активні, але надають перевагу комунікаціям, в основному, в мобільних додатках. Вони краще за своїх попередників сприймають різні відомості, швидко й охоче навчаються, особливо за умови, якщо знання дозволяють їм отримати нові навички, але в той же час, не схильні до запам'ятовування, сподіваючись на використання

технологій у будь-який час. Переважну більшість відомостей вони отримують з інтернет-ресурсів. За рахунок того, що вони не бачать сенсу навчання в школі (або в університеті), вони можуть не отримати базових знань й навичок.

Все, що вони дізнаються за допомогою інтернету, як правило, носить ситуативний характер. Незважаючи на це, представники покоління Z відрізняються креативністю та багатозадачністю; цінують речі, які можна відразу спробувати на практиці й значно гірше сприймають "чисту" теорію, відірвану від життя; не люблять монотонності, цінують різноманітність, здатні до швидкого переключення уваги, а тому готові до різнопланової роботи, але постановка завдань для них повинна бути чіткою та зрозумілою, оскільки безпосередньо від цього фактично залежить ефективність їх роботи.

В силу особливостей мислення представники цього покоління краще опановують знання в ігровій формі, а правила, формули і т.п. їм простіше сприймати в формі інфографіки, яка їм зрозуміліша.

Діти покоління Z швидше навчаються, краще використовують технології, швидше освоюють нові навички. У зв'язку з високим темпом розвитку технологій серед дослідників існує припущення, що це покоління буде ще розумнішим, зможе скоріше адаптуватися до нових умов й повністю позбутися расових, етнічних, гендерних та інших стереотипів у всіх сферах життя.

Результати наведеного нижче дослідження також підтверджують розглянуті вище міркування стосовно особливостей розвитку дітей покоління Z.

У 2015 році в США було проведене опитування учнів від 8 до 18 років для визначення часу використання ними комп'ютерних пристроїв та цифрових технологій [291]. Результати дослідження показали, що в середньому діти проводили за пристроями від 6 до 9 годин щодня, не враховуючи час на виконання уроків або навчання (рис. 4.1):

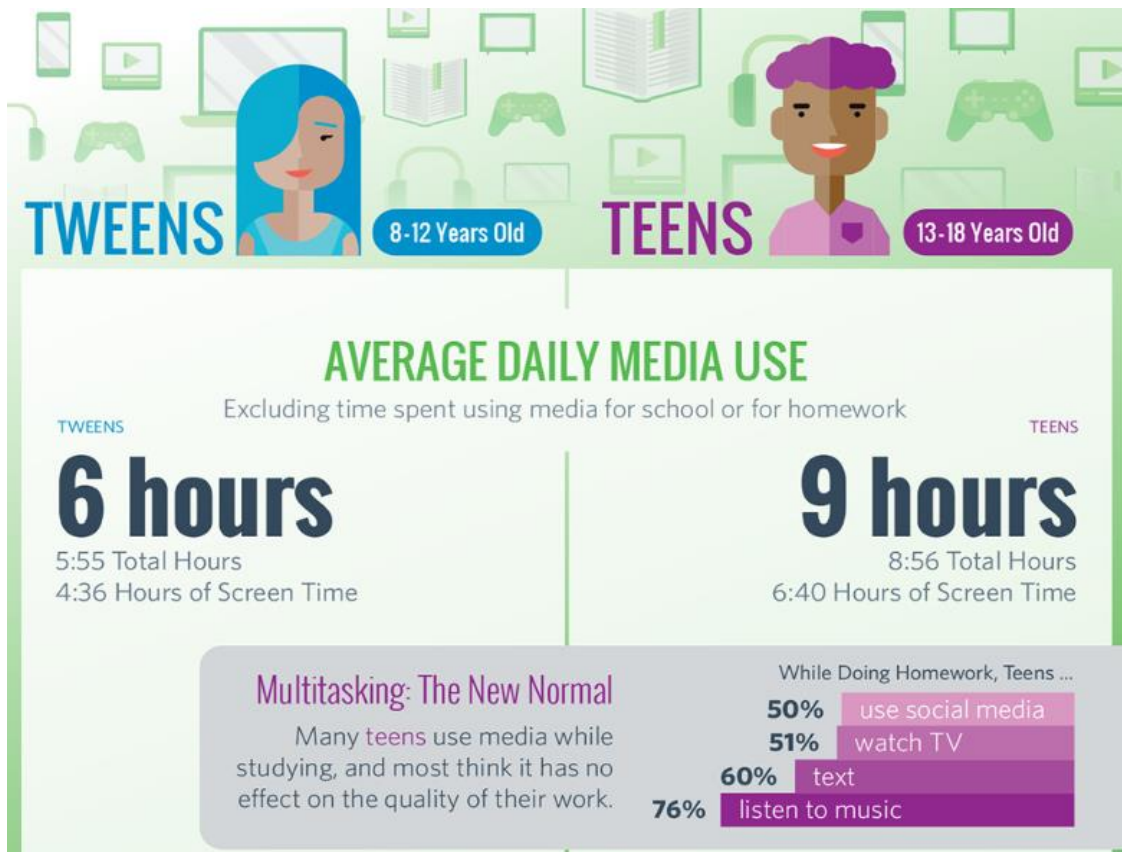


Рис. 4.1. Час використання комп'ютерних пристроїв та цифрових технологій дітьми від 8 до 18 років, США (2015 р.)

(Ресурс: за даними з джерела [291])

Крім того, дане дослідження також показало, що майже половина дітей використовували мобільні пристрої (41% для дітей від 8 до 12 років, 46% для дітей від 13 до 18 років). При цьому учні від 8 до 12 років використовували власні планшети й смартфони відповідно 53% та 24% опитаних, а серед учнів від 13 до 18 років 37% мали власні планшети, а 67% – власні смартфони (рис. 4.2):

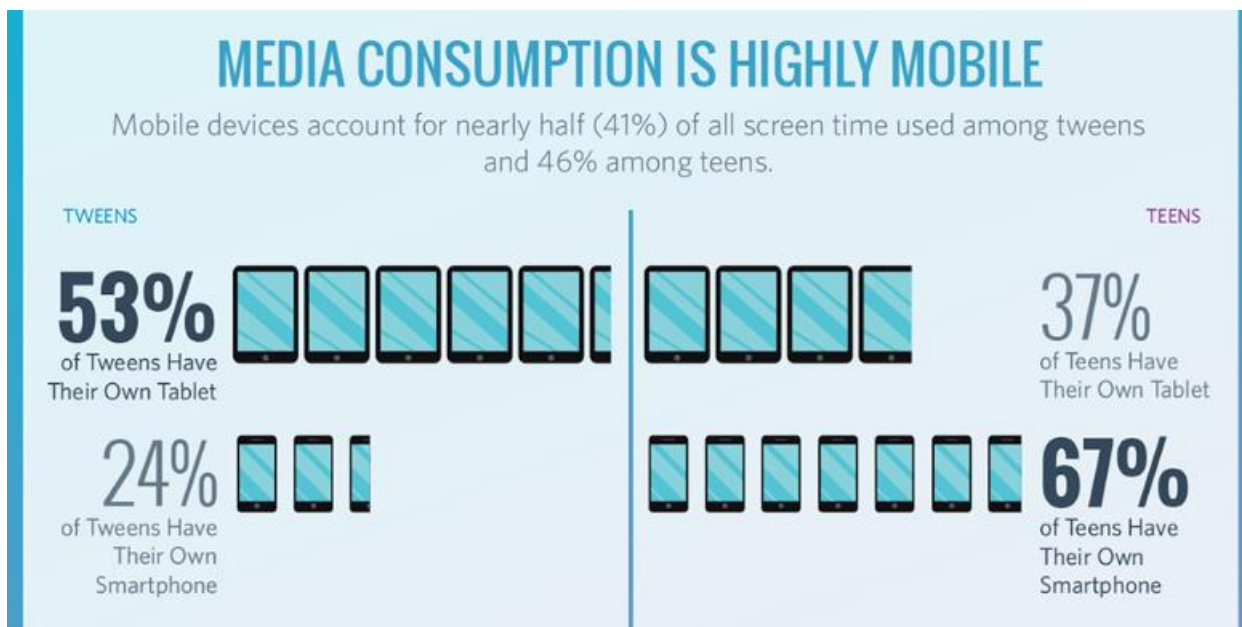


Рис. 4.2. Відсоток використання мобільних пристроїв дітьми від 8 до 18 років (США, 2015 р.)

(Ресурс: за даними з джерела [291])

На рис. 4.3 подано статистику щоденного дозвілля дітей з урахуванням використання ними комп'ютерних пристроїв та цифрових технологій:

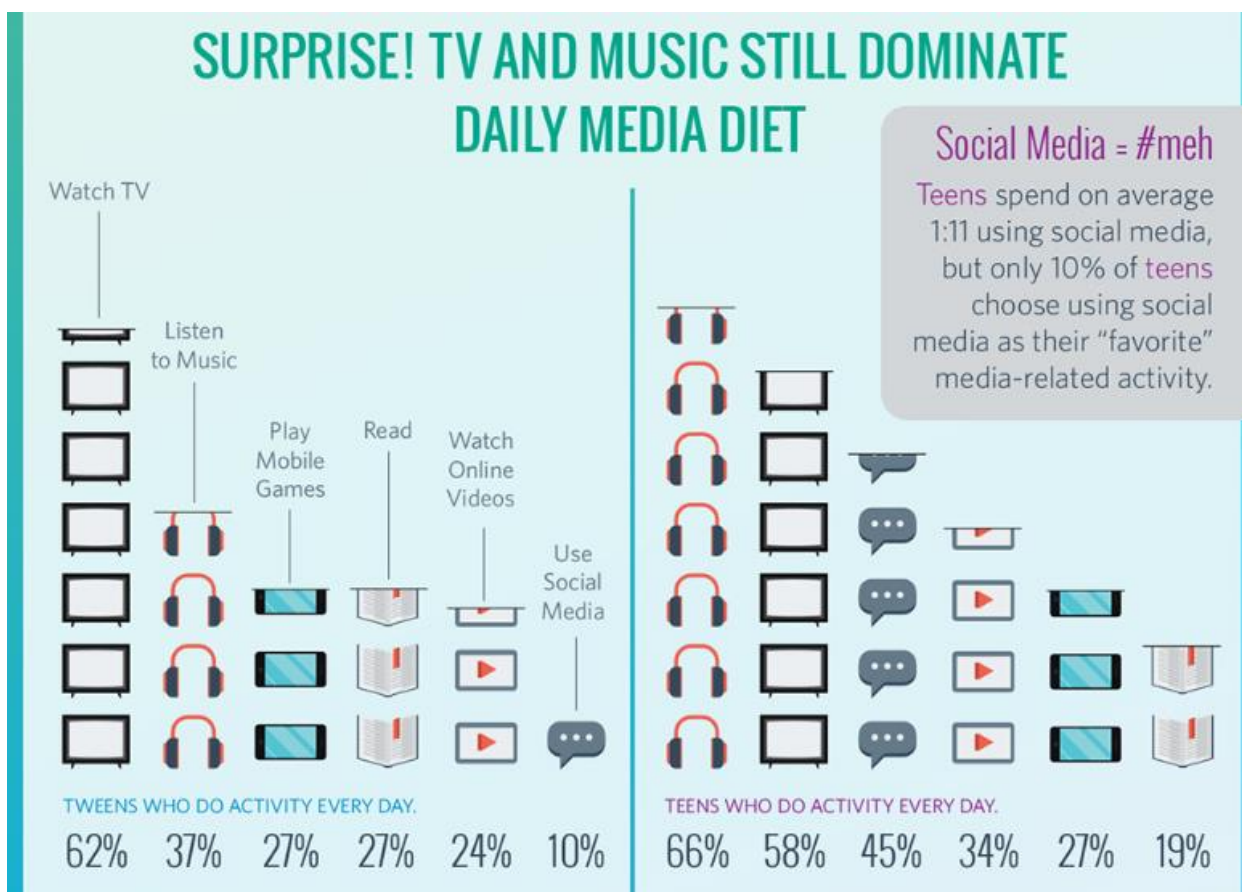


Рис. 4.3. Статистика щоденного дозвілля дітей від 8 до 18 років з урахуванням використання ними комп'ютерних пристроїв та цифрових технологій (США, 2015 р.)

(Ресурс: за даними з джерела [291])

Дослідження для визначення видів дозвілля дітей від 8 до 12 років показало, що вони витрачають вільний час на:

- слухання музики – 62%;
- перегляд телевізора – 37%;
- комп'ютерні ігри з використанням мобільних пристроїв – 27%;
- читання – 27%;
- перегляд онлайн відео – 24%;
- використання соціальних медіа (соціальних мереж, месенджерів тощо) – 10%.

Для учнів від 13 до 18 років ці характеристики є такими:

- слухання музики – 66%;
- перегляд телевізора – 58%;
- використання соціальних медіа (соціальні мережі, месенджери тощо) – 45%;
- перегляд онлайн відео – 34%;
- комп'ютерні ігри з використанням мобільних пристроїв – 27%;
- читання – 19%.

Наведене дослідження [291] також підтверджує, що сучасна молодь відрізняється від покоління викладачів як способами спілкування та отримання знань, так і швидкістю мислення.

Дослідження британських вчених також свідчить про те, що сучасні діти набагато більше часу працюють з технологіями, ніж попереднє покоління. Наприклад, у Великобританії діти проводять більше часу з різноманітними пристроями, ніж спілкуються зі своєю сім'ю: діти дошкільного віку граються за гаджетами батьків, використовуючи смартфони та/або планшети. Такий

ранній контакт із технологіями, безумовно, впливає на їх розвиток, соціалізацію, навчання .

Таким чином, дані результати підтверджують дослідження багатьох психологів та соціологів стосовно того, що підлітки, їх сприйняття даних, знань, способи мислення тощо суттєво відрізняються від відповідних характеристик старших поколінь, до яких, також належать їх вчителі. Таким чином можна говорити про існування суттєвого розриву між "цифровими аборигенами" та "цифровими іммігрантами", оскільки останні народилися раніше і, як правило, відстають у світі технологій [55].

Одним із шляхів розуміння того, як цифрові технології впливають на розвиток дітей покоління Z, – це з'ясування того, яким чином діти залучені до використання цифрових технологій; як робота в онлайн середовищі та комунікація за допомогою комп'ютерних пристроїв впливає на них; як це відрізняється від традиційних способів сприйняття даних тощо. Для цього британська академічна установа "The Open University" розробила онлайн курс "*Дитинство в цифрову епоху*" ("*Childhood in the digital age*") (<https://www.open.edu/openlearn/education-development/childhood-the-digital-age/content-section-overview?active-tab=description-tab>) [288].

В онлайн курсі викладачі звертають увагу на переваги та недоліки впливу цифрових технологій на дітей. До них належить, наприклад, надзвичайна багатозадачність, притаманна дітям вже у ранньому віці. Раніше пізнавальна діяльність учнів відбувалась таким чином: діти були залучені до одного завдання, в процесі виконання якого засвоювали певні знання. На сучасному етапі розвитку суспільства діти частіше намагаються виконати декілька завдань одночасно: написати текстові повідомлення, послухати музику, переглянути веб-сторінку та ін.

Одним з негативних наслідків цього явища є складність в концентруванні учнів на одній дії, оскільки вони звикають до поверхової уваги на велику кількість предметів одночасно, але при цьому не можуть сфокусуватися на

повідомленні, яке є найбільш значущим для виконання певного завдання. Таке явище називається "кліпове мислення" (*clip thinking*).

"Кліпове мислення" (від англ. *clip* – "вирізка (з газети), уривок (фільму)") означає сприйняття даних короткими яскравими уривками, без намагання встановити між ними логічні зв'язки (на зразок способу сприйняття даних в музичному відеоролику, в якому відеоряд – це слабко пов'язані між собою образи). За аналогічним принципом формується кліпове мислення та світогляд, коли людина сприймає світ не цілісно, а як послідовність майже не пов'язаних між собою частин, фактів, подій. Часто людина з кліповим мисленням не може, а, іноді, й не здатна аналізувати певну ситуацію, образ якої надовго не затримується в думках, оскільки він майже відразу зникає, а його місце займає новий [175, с. 2].

Основними ознаками кліпового мислення є [175; 266; 382]:

- *Неспроможність довго концентруватися на певних конкретних повідомленнях.*

У людей з кліповим мисленням здатність аналізувати дані помітно знижується, оскільки будь-яка інформація дуже швидко замінюється новою. Від того, наскільки людина вміє опрацювати дані, витрачаючи на це достатньо тривалий час, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, залежать її успіхи в кар'єрі та житті в цілому.

- *Домінування візуального сприйняття даних над вербальним.*
- *Багатозадачність.*

Сучасні молоді люди можуть майже одночасно робити багато завдань: слухати, писати, висловлювати думки, шукати дані тощо.

До переваг кліпового мислення належать:

- Кліпове мислення захищає мозок від інформаційного перевантаження (легко переключаючись між предметами уваги, люди уникають перевтоми).
- Кліпове мислення прискорює реакцію.

До недоліків кліпового мислення належать:

- Поверхнєве мислення: невміння виокремлювати головне, аналізувати, бачити причинно-наслідкові зв'язки, дуже часто – відсутність власної точки зору (люди сприймають відомості короткими фрагментами).
- Послаблення відчуття співпереживання (зниження емпатії).
Велика кількість даних про насилля, нещастя, різні катастрофи, які сприймаються людьми з телевізора, youtube, засоби масового інформування (ЗМІ), поступово знижують чутливість людини, рівень її здатності до співпереживання та співчуття іншим людям.
- Зниження рівня успішності та рівня засвоєння знань.
Сучасна молодь дуже мало читає, часто не розуміє змісту прочитаного, не вміє передати чужі думки своїми словами, а також аналізувати їх. Учні швидко забувають те, чому їх навчили зовсім нещодавно.

Кліповий тип мислення передусім притаманний представникам покоління Y та Z, до яких належать сучасні студенти (молодь близько 20 років, яка починає виходити на ринок праці) та учні. Таким чином, важливо змінювати підходи до навчання молодого покоління.

Новий погляд на навчання сучасних студентів та школярів запропонував Стів Уїллер, професор технологій навчання Інституту освіти Плімутського університету, член групи E-learning Network. Він запропонував так звану "піраміду цифрового залучення" (*pyramid of digital engagement*). Його схема (рис. 4.4) ілюструє, що поведінка учнів при роботі в онлайн середовищах містить ті ж самі види діяльності, що й при традиційному навчанні [36; 55; 514; 515].



Рис. 4.4. Піраміда цифрового залучення сучасної молоді до навчальної діяльності

(Ресурс: власна розробка на основі джерела [514],

URL: https://www.open.edu/openlearn/ocw/pluginfile.php/559733/mod_oucontent/oucontent/22067/23cdf135/0f7de26a/3_2_engagement_pyramid_of_digital_learning02.jpg.

(дата звернення 21.05.2020))

На піраміді показано, що діяльність в онлайн середовищах та комунікація засобами комп'ютерних мереж включає ті ж рівні, що й традиційна діяльність: від пасивної ролі, як, наприклад, спостереження, читання – до активного обговорення та створення власного контенту. Навчання дітей, як правило, починається з пасивної фази – того, що вони дивляться, слухають, а потім вони вже переходять до активних дій.

На найвищих рівнях піраміди видно, що діти активно та свідомо працюють в онлайн середовищах. Тут може відбуватися зміна їхнього мислення, процес включення дитини в навчання – спочатку "поширити, вподобати", потім прокоментувати, взяти участь у дискусії – і до створення власних продуктів. Створення власного медіаконтенту та навчання інших, на думку автора, створює потужну мотивацію до проведення подальших досліджень. Цікавою є думка С. Уїллера щодо заохочення вчителів використовувати соціальні медіа та мобільні технології в навчанні – оскільки це та галузь, на якій діти добре розуміються [36; 55]. Це може бути шляхом до

активного залучення учнів до навчальної діяльності та глибшого вивчення предмета дослідження.

Поряд із становленням цифрового суспільства для учнів виникає багато прихованих ризиків, пов'язаних з необмеженим доступом до комп'ютерних мереж, які можуть негативно позначитися на формуванні особистості дитини. Для запобігання поширення такого явища необхідно забезпечити умови безпечної роботи в інтернеті для дітей.

Для реалізації цього в ЄС в 2018 році до 2022 року була прийнята програма "*Безпечний інтернет*", яка є однією зі складових "*Цифрової стратегії Європейської комісії*" (European Commission Digital Strategy), [299; 337].

В програмі зазначено, що наразі кожний з трьох користувачів інтернету – це дитина (*Рис. 4.5*). Діти починають використовувати засоби інтернету все у дедалі молодшому віці, як правило, раніше, ніж вони починають читати або писати. Для роботи в інтернеті діти застосовують різні пристрої. Більше часу вони проводять, користуючись соціальними медіа, більше грають в онлайн ігри, частіше використовують мобільні додатки без нагляду дорослих. Таким чином, використання інтернету стало більш персоналізованим й, багато в чому, неконтрольованим.

Немає сумнівів, що в сучасних умовах діти потребують якісного контенту і відповідних навичок й інструментів для безпечного та відповідального використання засобів інтернету.

Інші актуальні документи, присвячені розвитку питань інформаційної безпеки дітей при роботі з цифровими технологіями, зокрема в інтернеті, детально розглянуті в роботі [146].

До найпоширеніших загроз при роботі дітей в інтернеті належать (*рис. 4.5*):

- неправдиві (фейкові) новини;
- умисне цькування певної особи в онлайн середовищах (кібербулінг);

- поява шкідливого контенту під час онлайн ігор (наприклад, шкідлива реклама);
- пересилання особистих фотографій, повідомлень інтимного змісту за допомогою сучасних засобів зв'язку (секстинг);
- поширення шкідливого контенту;
- створення передумов для зловживань над дітьми через завоювання їхньої довіри, наприклад, шляхом привітань, дарування подарунків, запрошення до довірливого спілкування тощо (грумінг).

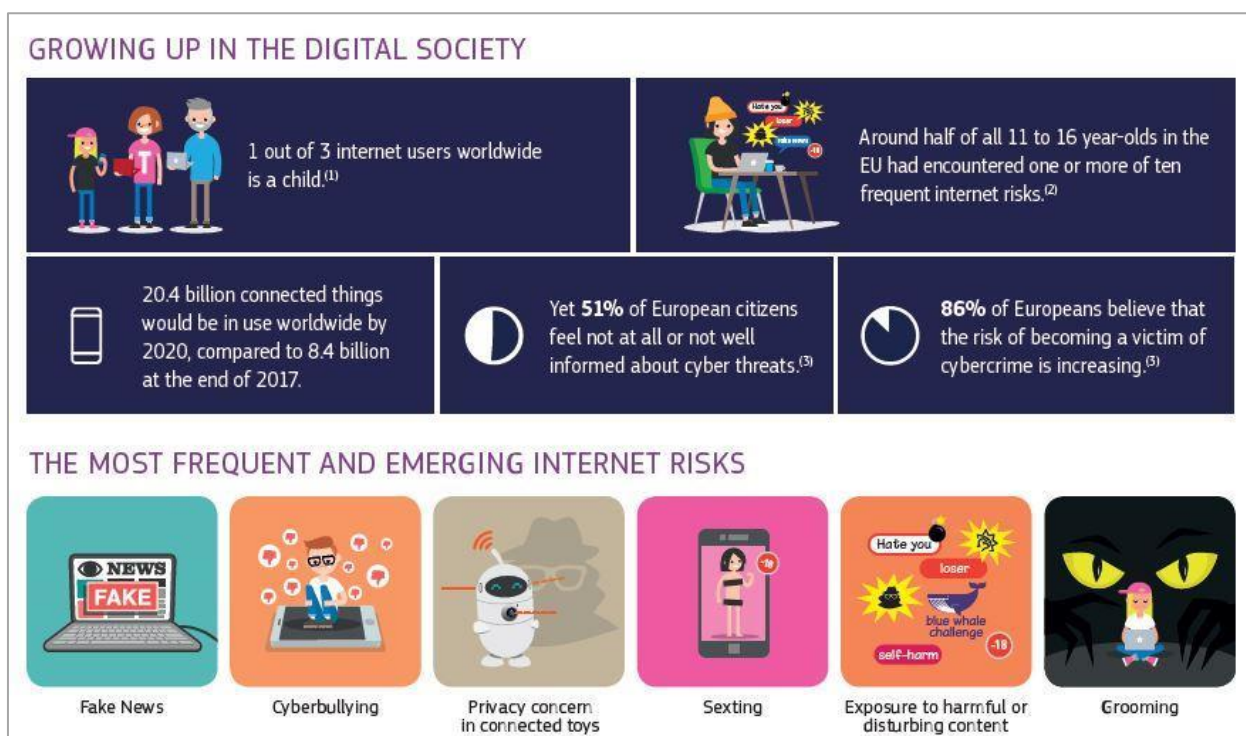


Рис. 4.5. Інфографіка, присвячена огляду загроз дітей при роботі в інтернеті

(Ресурс: за даними програми ЄС "Безпечний інтернет" [299],

URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/sites/digital-agenda/files/dsm_website.jpg (дата звернення: 21.05.2020))

До заходів, спрямованих в ЄС на забезпечення інформаційної безпеки при роботі дітей в інтернеті відповідно до зазначеної програми, належать [299]:

- сприяння виробництву творчого та навчального онлайн контенту для дітей, поширення позитивного інтернет-досвіду при роботі маленьких дітей з комп'ютерними мережами;

- розширення рівня обізнаності, навчання цифровій грамотності та основних засад інформаційної безпеки дітей при роботі в інтернеті в усіх школах ЄС;
- створення безпечного середовища для дітей, використання батьківського контролю, розробка класифікації відповідності контенту віковим категоріям дітей;
- боротьба з матеріалами сексуального насильства над дітьми в інтернеті та з сексуальною експлуатацією дітей.

В Україні також проводяться фундаментальні наукові дослідження в галузі інформаційної безпеки учнів. Зокрема, цьому присвячена робота [146], в якій не тільки розглянуто основи інформаційної безпеки учнів, в тому числі при роботі в інтернеті, а й запропоновано методику підготовки майбутніх учителів до роботи в умовах інформатизованого навчального процесу. Відповідно до даного дослідження *інформаційна безпека учнів* визначається як стан захищеності основних інтересів учнів від загроз, що викликані інформаційним впливом на психіку та соціокультурний розвиток різними антисоціальними суб'єктами й наявним інформаційним середовищем в суспільстві, в тому числі й в освітянському середовищі [146, с. 83].

В контексті розвитку інформаційної безпеки актуальним постає питання розвитку в учнів, вчителів, батьків *медіаграмотності*. *Медіаграмотність* (*медійна грамотність*) – сукупність знань, навичок та умінь, що дозволяють людям аналізувати, критично оцінювати й створювати повідомлення різних жанрів і форм для різних типів медіа, а також розуміти й аналізувати складні процеси функціонування медіа в суспільстві та їхній вплив [114].

Для сприяння формуванню медіаграмотності українців в 2016 році розроблена Концепція впровадження медіаосвіти, головною метою створення якої є сприяння розбудові в Україні ефективної системи медіаосвіти, що має стати фундаментом гуманітарної безпеки держави, розвитку і консолідації громадянського суспільства, протидії зовнішній інформаційній агресії, всебічної підготовки дітей і молоді до безпечної та ефективної взаємодії із

сучасною системою медіа, формуванню в громадян медіаінформаційної грамотності й медіакультури відповідно до їхніх вікових, індивідуальних та інших особливостей [86].

Питанням розвитку медіаосвіти в Україні та формуванню медіаграмотності присвячено багато робіт (Г. Волошко, Р. Гуревич, В. Іванов, Т. Левовицький, Г. Онкович, В. Ризун, Ю. Усов, А. Федоров, А. Шариков та ін.). Узагальнюючи їх дослідження, можна виокремити основні чинники впливу медіасередовища на дітей [36]:

- зростання кількості джерел даних та повідомлень;
- розширення доступу до всеможливих даних;
- зростання агресивності інформаційного та медіа середовища, а також відповідного контенту.

У цьому аспекті необхідно формувати в учнів критичне мислення, в тому числі й при роботі в інформаційних середовищах, а також формувати медіакультуру майбутніх та практикуючих учителів та батьків. З введенням медіаосвіти у вітчизняну освітню систему така можливість з'являється [36].

Інформаційна та медіаграмотність учителів є важливим фактором безпеки в сучасному інформаційному просторі. Тому сучасним педагогам необхідно бути готовими до реалізації нової педагогічної стратегії в умовах становлення інформаційного суспільства.

Таким чином, розвиток національних програм із забезпечення інформаційної безпеки учнів, формування в них критичного мислення та медіаграмотності, їх захист від ризиків, що виникають при роботі в інтернеті, – це основа підготовки молодого покоління до життя в цифровому суспільстві.

4.2. Сучасний стан навчання освітньої робототехніки в українських закладах вищої освіти

Для з'ясування сучасного стану навчання освітньої робототехніки в українських ЗВО було проаналізовано науково-методичні публікації з даного

напряму, здійснено огляд офіційних відомостей та ОПП підготовки студентів природничих і технічних напрямів на сайтах університетів (Волинський національний університет імені Лесі Українки, Бердянський державний педагогічний університет, Херсонський державний університет, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського та ін.).

Аналіз сучасного стану впровадження *освітньої робототехніки* в освітній процес українських ЗВО показав, що на теперішній час її навчання в основному відбувається за окремими дисциплінами та/або модулями.

Модульне вивчення основ робототехніки в курсах "Технічне конструювання та робототехніка", "Основи програмування мікропроцесорних систем", "Промислова робототехніка", "Освітня робототехніка" передбачено у Східноєвропейському національному університеті імені Лесі Українки (нині Волинський національний університет імені Лесі Українки) для підготовки майбутніх учителів фізики і загальнотехнічних дисциплін з основ мікроелектроніки і робототехніки. Зокрема, з 2014 року здійснювався набір на фізичний факультет (нині Навчально-науковий фізико-технологічний інститут), спеціальність "Фізика та загальнотехнічні дисципліни". У результаті навчання студенти здобували кваліфікацію "Викладач середніх навчальних закладів" (фізика та загальнотехнічні дисципліни (спеціалізація "Мікроелектроніка та робототехніка")), [112; 113]. На 2020-2021 н.р. за навчальним планом підготовки бакалаврів за спеціальністю 014.08 "Середня освіта (фізика)" передбачено вибіркову дисципліну "Технічне конструювання та робототехніка" (https://drive.google.com/file/d/1sePAfFqM09OfKY6wFZm_aKYalsuR-kYO/viw). Для магістрів цієї ж спеціальності пропонуються такі дисципліни за вибором, пов'язані з робототехнікою: "Програмування мікроконтролерних систем" (<https://drive.google.com/file/d/1o1i7ksKdli-Dejs45>

[ObkJsbu/9k2A1f1B/view](https://drive.google.com/file/d/1JyXIHn0hdNeOUzXcSiC9g7yQaVdGFZI/view)), "Використання STEM технологій в освітньому процесі" (<https://drive.google.com/file/d/1JyXIHn0hdNeOUzXcSiC9g7yQaVdGFZI/view>).

У Херсонському державному університеті робототехніку розглядають як засіб підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM-технологій, для чого в освітній програмі відповідних спеціальностей передбачено навчання дисциплін "Основи робототехнічних систем", "STEM-освіта і робототехніка", "Освітня робототехніка" [29]. За освітньо-професійними програмами (ОПП), розробленими у 2020 році, для підготовки майбутніх учителів передбачено також вивчення дисциплін, пов'язаних з робототехнікою (<http://www.kspu.edu/About/Faculty/FPhysMathemInformatics/ChairInformatics/EduPlans.aspx>). Зокрема, для майбутніх учителів інформатики і майбутніх учителів фізики – це вибіркові курси "Схемотехніка та проектування роботів", "Моделювання та програмування роботів". Для майбутніх учителів фізики передбачено також вибірковий курс "Інтернет речей". Відповідно до оновленої освітньої програми за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)" студенти можуть отримати додаткову кваліфікацію "*керівника гуртка робототехніки та програмування*" за умови вибору відповідних дисциплін.

Окремі аспекти підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки досліджуються у Південноукраїнському національному педагогічному університеті імені К.Д. Ушинського. Для цього студентам пропонується вивчення дисципліни "Програмування мікроконтролерів" (з 2013 р.), [110]. За ОПП (2020 р.) підготовки бакалаврів за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)" передбачено вивчення обов'язкової дисципліни "Робототехніка в освіті". Для магістрів цієї ж спеціальності – вибіркової дисципліни "Програмування мікроконтролерів та Інтернет речей" (<https://pdpu.edu.ua/sferi-diyalnosti/osvitnia/proekty-osvitnikh-program>). В той же час, у роботі [110] зазначено, що навчання освітньої

робототехніки в рамках одного курсу показує недостатній рівень знань з певних аспектів функціонування робототехнічних систем (наприклад, фізичної складової функціонування роботи електронних компонентів, схемотехніки; недостатній рівень вмінь щодо програмування мовою С та ін.). Це говорить про необхідність додавання інших курсів з робототехніки/освітньої робототехніки в навчальні плани підготовки студентів.

У Черкаському національному університеті імені Богдана Хмельницького і Уманському державному педагогічному університеті імені Павла Тичини студенти спеціальності 014.09 "Середня освіта (інформатика)" вивчають "Основи робототехніки" як дисципліну за вибором (<https://docs.google.com/document/d/1aUzTwZHsHWRfYPQe5RuBrgUDSiliRdGP/edit>; <https://udpu.edu.ua/navchannia/osvitni-prohramy/31349>).

У Бердянському державному педагогічному університеті робототехніку розглядають як складову професійної підготовки майбутніх інженерів-педагогів (як модуль курсу "Прикладне програмування") [5]. За освітньою програмою спеціальності 015. Професійна освіта (Комп'ютерні технології), розробленою в 2019 році, для майбутніх бакалаврів професійної освіти передбачено вивчення дисципліни "Основи робототехніки" (<https://bdpu.org.ua/wp-content/uploads/2020/03/2019-OP-bakalavr-015-Profesiyna-osvita-komp-tekhnohii.pdf>).

Певні аспекти навчання робототехніки використовуються у Кіровоградській льотній академії Національного авіаційного університету для підготовки майбутніх фахівців авіаційного профілю (як модуль у курсі фізики) [68].

Таким чином, проведений аналіз показав, що навчання студентів робототехніки та освітньої робототехніки на теперішній час, в основному, мають несистемний характер. В той же час, в останні роки спостерігається тенденція до збільшення кількості ЗВО, в яких впроваджується навчання робототехніки як для підготовки майбутніх інженерів цієї галузі, так і

підготовки вчителів, які будуть навчати освітньої робототехніки в закладах середньої освіти.

4.3. Компетентності у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів: структура, критерії та рівні сформованості

На теперішній час компетентнісний підхід в освіті відіграє особливу роль у підготовці майбутніх фахівців, оскільки освітні установи, вчителі, викладачі повинні не просто дати учням, студентам певні знання, уміння, навички, а й сформувати в них певні компетентності як загальну здатність, що ґрунтується на знаннях, досвіді, цінностях, здібностях, отриманих завдяки освітній діяльності.

Дослідженню питань впровадження компетентнісного підходу в освітню галузь присвячені праці багатьох українських і зарубіжних науковців: М.І. Жалдак, Ю.С. Рамський, Н.В. Морзе, Н. Бібік, Л. Ващенко, А.Н. Дахін, І.О. Єрмаков, І.А. Зимня, Т.П. Кобильник, В.М. Лаптев, Ю.М. Лебеденко, В.І. Лозовецька, О.О. Локшина, А.К. Маркова, О.В. Овчарук, Л.К. Паращенко, Л.Є. Петухова, О.І. Пометун, С.А. Раков, О.Я. Савченко, В.П. Серіков, Г.М. Селевка, Є.М. Смирнова-Трибульська, О.М. Спірін, С.А. Трубачева, І.Д. Фрумін, В. Химинець, А.В. Хуторський, О.Б. Щолок та ін.

В. Химинець у [229] вважає, що при використанні компетентнісного підходу в освітньому процесі зміщуються акценти із процесу накопичення нормативно визначених знань, умінь і навичок у площину формування й розвитку в учнів здатності практично діяти і творчо застосовувати здобуті знання й набутий досвід у різних ситуаціях.

На думку Г. Селевка [173], компетентнісний підхід означає поступову переорієнтацію провідної освітньої парадигми з переважаючою трансляцією знань і формуванням навичок на створення умов для оволодіння комплексом

компетентностей, які розкривають потенціал і здібності випускника, сприяють здійсненню ним успішної професійної діяльності в майбутньому.

О.В. Глузманом у [41] виокремлено та узагальнено основні ідеї використання компетентнісного підходу в освіті:

- компетентнісний підхід не є принципово новим для вищої освіти, оскільки вона завжди орієнтувалася на набуття узагальнених способів діяльності;
- компетентність не протиставляється знанням, умінням, навичкам, вона їх вміщує, хоча не є їхньою сумою;
- компетентність охоплює не тільки когнітивну та операціонально-технологічну складові, а й мотиваційну, етичну, соціальну, поведінкову, містить результати навчання, систему ціннісних орієнтацій, тому компетентності формуються не тільки у процесі навчання, а й під впливом родини, друзів, роботи, політики, релігії тощо.

Одним із шляхів ефективного використання ідей компетентнісного підходу в освіті є посилення міжпредметного компонента в структурі навчальних програм із загальноосвітніх і спеціальних дисциплін, яке можна реалізовувати шляхом використання тісних міжпредметних зв'язків (за допомогою включення в зміст дисциплін матеріалу з інших галузей знань і практики) та/або створення міжпредметних курсів, в яких інтегруються знання, практичні уміння й навички з різних дисциплін.

Прикладами таких курсів є дисципліни, що виникають на стику суміжних предметів і поєднують знання, уміння, навички, отримані на заняттях з різних предметів. Як було показано раніше, до таких дисциплін належить і робототехніка. Використання робототехніки в освітньому процесі (освітньої робототехніки) передбачає проведення міждисциплінарних занять, на яких інтегруються знання, уміння й навички природничих наук, інформатики, технологій, математики, дизайну та ін., засновані на використанні методів активного навчання.

Зважаючи на те, що робототехніка вже відіграє важливу роль у різних галузях суспільної діяльності й на те, що її роль в майбутньому буде посилюватись, необхідно готувати до цього нинішнє покоління учнів. Це потребує оновлення змісту навчання шкільної та університетської освіти відповідно до вимог сьогодення. Тому на сьогодні особливого значення набувають питання впровадження робототехніки у навчальний процес закладів вищої педагогічної освіти як обов'язкової складової підготовки майбутніх учителів.

Такої ж думки дотримуються й дослідники, які займаються подібними питаннями. Так, наприклад, Т.І. Анісімова, Ф.М. Сабірова, О.В. Шатунова у [258, с. 209] зазначають: "...ключовою дисципліною у змісті підготовки вчителів для STEAM-освіти є "Освітня робототехніка". Н.В. Валько, Л.О. Кузьміч, Н.О. Кушнір, Н.І. Осіпова вважають, що "...впровадження курсу освітньої робототехніки для майбутніх учителів є важливою складовою їх професійної підготовки" [385].

Таким чином, розвиток в майбутніх учителів компетентностей у галузі освітньої робототехніки є актуальним питанням сьогодення.

Проблемі визначення складових компетентностей у галузі робототехніки, зокрема й освітньої, їх структур і моделей присвячено праці таких українських і зарубіжних дослідників, як Н.В. Морзе, Т.І. Анісімова, М.А. Бойко (М.А. Гладун), Н.В. Бужинська, Н.В. Валько, М.Л. Вотинцева, Д.М. Гребнева, О.М. Голобородько, С.М. Дзюба, М.Г. Єршов, М.Л. Караваєв, Л.В. Кузьміч, Н.О. Кушнір, І.Б. Макаров, Н.В. Осіпова, В.В. Осадчий, Ф.С. Сабірова, О.В. Соболева, О.В. Шатунова, Д. Алімісіс, Е. Егучі, Є.М. Сілк та ін. Охарактеризуємо найважливіші з них.

У [333, с. 5-6] Е. Егучі зазначає, що навчання освітньої робототехніки сприяє формуванню в учнів і студентів так званих *навичок 21-го століття* (21 Century Skills Framework [420]), до яких належать:

- базові предмети – англійська і національні мови, мистецтво, математика, економіка, природничі науки, географія, історія;
- тренди 21 століття – глобальна обізнаність; фінансова, економічна, ділова та підприємницька грамотність; громадянська грамотність; здоров'язбереження;
- уміння вчитись та інноваційність – креативність, інноваційність, критичне мислення, вміння вирішувати проблеми, навички спілкування та співпраці);
- інформатичні, медіа та технологічні навички – інформаційна грамотність, медіаграмотність, ІКТ;
- життєві і професійні навички – гнучкість і адаптованість, ініціативність і самоуправління, соціальні та міжкультурні навички, продуктивність і підзвітність, лідерство і відповідальність).

О.М. Голобородько у [43] розглядає робототехніку як ресурс для формування ключових компетентностей, а саме інформаційної, комунікаційної, навчально-пізнавальної і компетентності у галузі здоров'язбереження. Н.В. Валько, Л. Кузьміч, Н. Кушнір, Н. Осіпова також вважають, що "робототехніка допомагає формувати основні компетентності. Це впливає на формування наукового світогляду та відповідної системи мислення" [385].

Н.В. Морзе, М.А. Гладун, С.М. Дзюба у [124, с. 39] зазначають, що заняття з робототехніки впливають на розвиток в учнів і студентів математичних, науково-технічних компетентностей, компетентності у галузі комп'ютерних наук, а також соціальних компетентностей.

Н.В. Бужинська, Д.М. Гребнева, І.Б. Макаров у [23] визначають комплекс компетентностей, необхідних для успішного застосування робототехніки в майбутній професійній діяльності студентів. До найважливіших з них дослідники відносять компетентності у галузі алгоритмізації і програмування, а саме розробку програм для управління роботами, володіння методами тестування та відлагодження програм для управління роботами, методикою оцінювання якості програм управління роботами та ін.

За результатами дослідницького проєкту з оновлення компетентностей "Remake Learning Competencies" (перегляд навчальних компетентностей), розглянутого у п. 2.3, до *структури компетентностей у галузі робототехніки* належать [434]:

- *знання у галузі робототехніки* – схемотехніка, процеси проєктування, матеріали та їх характеристики, мови програмування, системне мислення;
- *уміння й навички у галузі робототехніки* – побудова електричних схем, комунікація, проєктування взаємодії людини і робота, інженерія, етика, виробництво роботів та їх деталей, програмування;
- *нахили до робототехніки* – співробітництво.

Таким чином, аналіз наукових робіт, присвячених питанню визначення і формування компетентностей з освітньої робототехніки показав, що сьогоднішній день не існує єдиних підходів до побудови моделі компетентностей з освітньої робототехніки, в тому числі для вчителів. Отже, вирішення даного питання є актуальним і відкритим для дослідження на теперішній час.

Аналізуючи компоненти розглянутих вище структур і моделей компетентностей у галузі освітньої робототехніки, слід зазначити, що вони включають в себе компоненти *STEAM-компетентностей*. Додавання останніх до структури компетентностей з освітньої робототехніки є логічним, оскільки це напрям, в якому інтегруються знання з багатьох предметів, зокрема інформатики, природничих наук, математики, технологій та ін. До структури компетентностей у галузі освітньої робототехніки буде належати так звана *інтегральна STEAM-компетентність* – компетентність, що дозволяє використовувати необхідні знання, уміння, навички, досвід із зазначених галузей саме для галузі "Робототехніка".

Однією з характерних особливостей для освітньої робототехніки є навчання через проєктну діяльність. У процесі роботи над робототехнічними проєктами учні, студенти виконують дослідження відповідно до поставленого

завдання. Таким чином, враховуючи також і те, що характерною особливістю для STEAM-предметів є дослідницька діяльність, однією із складових компетентностей з освітньої робототехніки буде *дослідницька компетентність*.

Важливою складовою навчання освітньої робототехніки є програмування, яке є одним з основних етапів робототехнічного проєкту. Крім того, етап проєктування робототехнічної системи неможливий без моделювання її компонентів, яке дуже часто виконуються за допомогою спеціального програмного забезпечення. Уміння й навички в галузі моделювання і програмування є складовою *інформаційно-комунікаційної компетентності (ІК-компетентності)*. Про формування компонентів ІК-компетентності у процесі навчання робототехніки зазначено і в [172]. У [23] Н.В. Бужинська, Д.М. Гребнева також зазначають про розвиток ІК-компетентності майбутніх учителів інформатики у процесі навчання робототехніки. Отже, окремі компоненти *інформаційно-комунікаційної компетентності* також належать до складових компетентностей з освітньої робототехніки.

Компетентності з освітньої робототехніки, крім знань, умінь і навичок, містять діяльнісну і/або ціннісно-мотиваційну складові, до яких належать критичне та креативне мислення, уміння працювати в команді, вирішення складних проблем і т.д. Значна кількість цих компонентів є характеристиками і якостями особистості, що належать до гнучких навичок. Отже, *гнучкі навички* також будуть складовою структури компетентностей з освітньої робототехніки.

Таким чином, на основі проведеного аналізу розглянутих вище груп компетентностей автором визначено складові *компетентностей у галузі освітньої робототехніки*, до яких належать:

- інтегральна STEAM-компетентність (що стосується предметної галузі "Робототехніка");
- дослідницька компетентність;

- інформаційно-комунікаційна (цифрова) компетентність;
- гнучкі навички;
- компоненти ключових компетентностей.

Для успішного навчання освітньої робототехніки необхідно формувати відповідні компетентності в учителів, які зможуть якісно, професійно, креативно готувати учнівську й студентську молодь до майбутніх професій, пов'язаних з робототехнічною галуззю. Таким чином, до розглянутих складових з освітньої робототехніки необхідно додати професійно-педагогічний компонент, до якого належатимуть знання закономірностей, принципів, методів викладання й навчання освітньої робототехніки та відповідні уміння і навички. Такою складовою є *методична компетентність*.

По аналогії до уточнення нами поняття "STEAM-компетентності" (див. п. 2.3) визначимо *компетентності у галузі освітньої робототехніки* як *здатність особистості використовувати знання, уміння й навички в галузі освітньої робототехніки, а також способи мислення, цінності, особисті якості, завдяки яким людина може застосовувати ці знання, уміння й навички належним чином на робочому місці, в освіті, у своєму повсякденному житті для ефективного виконання технічних і/або професійних задач, в тому числі для здійснення інноваційної діяльності у даній галузі*.

Отже, на основі проведеного аналізу складових та з урахуванням наведених вище міркувань автором розроблено *структуру компетентностей у галузі освітньої робототехніки для вчителів* (рис. 4.6):



*Рис. 4.6. Структура компетентностей у галузі освітньої робототехніки для вчителів
(Ресурс: власна розробка)*

Наведемо опис складових компетентностей з освітньої робототехніки для вчителів (таб. 4.6).

Опис складових компетентностей у галузі освітньої робототехніки для вчителів

Складові компетентності з ОР		Знання	Уміння й навички	Особисті якості, ставлення, способи мислення
Інтегральна STEAM-компетентність (у галузі робототехніки)	Математична компетентність	базові знання фундаментальних розділів математики; володіння математичним апаратом відповідної галузі знань	здатність використовувати математичні методи у процесі розв'язування задач, пов'язаних з освітньою робототехнікою (ОР)	алгоритмічне мислення, системне мислення
	Фізична компетентність	знання основ мікроелектроніки; розуміння принципів функціонування простих механізмів і механічних передач	уміння безпечно працювати з електронними схемами, мікроконтролерами і робототехнічними платформами відповідно до виконуваного проєкту	відповідальне ставлення до техніки, розуміння й дотримання заходів безпеки при роботі з робототехнічними платформами
	Інженерно-технологічна компетентність	знання етапів процесу інженерного проєктування на рівні, достатньому для виконання проєктів, пов'язаних з робототехнічними системами	уміння проєктувати робототехнічні системи	інженерне мислення, технологічна грамотність, системне мислення
	Компетентність у галузі природничих наук	базові знання фундаментальних розділів природничих наук на рівні, достатньому для виконання	здатність використовувати знання природничих наук, в т.ч. їх міжпредметні зв'язки, у процесі розв'язування задач, пов'язаних з ОР	

Складові компетентності з ОР		Знання	Уміння й навички	Особисті якості, ставлення, способи мислення
		проектів, пов'язаних з робототехнічними системами		
	Компетентність у галузі дизайну	базові знання у галузі дизайну на рівні, необхідному для розробки дизайну роботів та їх частин	уміння створювати дизайн роботів та їх частин, в т.ч. з використанням 3D технологій	дизайнерське мислення (<i>design thinking</i>)
Дослідницька компетентність		знання етапів процесів створення і виконання навчального робототехнічного проєкту	уміння визначати проблему; уміння формулювати дослідницьке завдання й визначати шляхи його вирішення; планування діяльності; уміння досліджувати, порівнювати, перевіряти та експериментально підтверджувати результати дослідження; системний аналіз, системне оцінювання	інженерне мислення, здатність вирішувати проблему нестандартно, розуміння інших точок зору при вирішенні проблем; здатність застосовувати знання в різних ситуаціях
Інформаційно-комунікаційна компетентність	Компетентність у галузі моделювання	знання методів аналізу, побудови та дослідження моделей робототехнічних систем	уміння будувати моделі робототехнічних систем; уміння добирати ІКТ для комп'ютерного моделювання робототехнічних систем	системне мислення

Складові компетентності з ОР	Знання	Уміння й навички	Особисті якості, ставлення, способи мислення	
	Компетентність у галузі алгоритмізації і програмування	базові знання у галузі алгоритмізації; базові знання однієї або кількох мов програмування; особливостей їх використання для програмування роботів і робототехнічних систем	уміння будувати алгоритми роботи роботів і робототехнічних систем, уміння їх програмувати й тестувати	алгоритмічне мислення, системне мислення
	Інформаційно-технологічна компетентність	знання характеристик робототехнічних платформ та відповідного їм програмного забезпечення; базові знання про принципи функціонування технологій на основі інтернету речей	уміння добирати робототехнічні платформи відповідно до поставлених задач, уміння працювати з емуляторами робототехнічних платформ; уміння використовувати технології на основі інтернету речей для побудови робототехнічних систем	відповідальне ставлення до техніки, розуміння й дотримання заходів безпеки при роботі з робототехнічними платформами і технологіями на основі інтернету речей
	Компетентність у галузі дистанційного навчання	знання про принципи функціонування онлайн середовищ для навчання робототехніки, систем дистанційного навчання, систем організації відеоконференцій; знання особливостей, в тому числі психологічних, щодо організації самостійної роботи	уміння працювати з онлайн середовищами для навчання робототехніки; уміння організувати освітній процес з використанням онлайн середовищ; уміння проектувати, створювати цифрові освітні ресурси (зокрема дистанційні курси) з ОР	розуміння принципів безпечної роботи в онлайн середовищах; дотримання заходів безпеки при роботі в інтернеті, етики; самостійність, вмотивованість; психологічна стійкість щодо роботи в умовах дистанційного навчання

Складові компетентності з ОР		Знання	Уміння й навички	Особисті якості, ставлення, способи мислення
		студентів в умовах дистанційного навчання		
Методична компетентність		знання принципів управління пізнавальною діяльністю; розуміння важливості впровадження ОР як напряму STEAM-освіти для формування в учнів наукового світогляду; знання закономірностей, принципів, методів викладання і навчання ОР як напряму STEAM	уміння планувати освітній процес з ОР; розробка, впровадження і аналіз STEAM-проектів на основі використання робототехнічних систем; створення навчальних середовищ і умов для ефективного навчання ОР, оцінювання результатів навчання ОР	мотивація учнів до навчання ОР
Гнучкі навички			комунікаційні навички, уміння працювати в команді, уміння вирішувати складні проблеми, уміння приймати обґрунтовані рішення, уміння управляти ресурсами	критичне мислення, креативне мислення, відповідальність, мотивація членів команди, відкритість до нових ідей, емоційний інтелект

(Ресурс: власна розробка)

Питання визначення критеріїв і показників сформованості компетентностей широко досліджуються у вітчизняній і зарубіжній літературі (П.П. Грабовський, А.Б. Кочарян, М. Родрігез, О.М. Спірін, К. Тамметс, І.Б. Тимофєєва, А. Фіні, С. Хупер, та ін.). У їх роботах розглянуто різні аспекти щодо обґрунтування діагностичного інструментарію компетентностей. На думку А.Б. Кочаряна [89], У педагогічній практиці розроблено достатньо взаємопов'язаних критеріїв, створених для оцінювання різних психолого-педагогічних аспектів процесу навчання. До таких він відносить [89, с. 66]:

- критерії ефективності форм і методів навчання (якість, повнота, глибина, міцність та функціональна здатність методів, які використовуються відповідно до завдань);
- рівень сформованості вмінь і навичок;
- критерії ефективності навчання: самостійність науково-педагогічних працівників, культура процесу навчання (здатність раціонально планувати процес навчання);
- критерії ефективності результатів навчання (глибина знань, системність);
- критерії оцінювання сформованості теоретичних знань (розуміння понять, формулювання положень освітньої політики, корпоративних стандартів);
- якісні критерії оцінювання сформованості вмінь і навичок (правильність дотримання алгоритму дій, самостійність у виконанні);
- критерії оцінювання ставлення до власної пізнавальної діяльності (інтерес чи байдужість, розуміння соціального значення вміння використовувати сучасні ІКТ, емоційний комфорт або дискомфорт, страх щодо можливих помилок).

Узагальнення наукових джерел з проблеми дослідження показали, що на теперішній час не існує єдиного підходу до визначення критеріїв і показників сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки для вчителів. Враховуючи дослідження [23; 43; 89; 124; 172; 333; 385; 434], дотичні до тематики даної роботи, і аналіз власного досвіду, пропонується виокремити

такі *критерії* сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки для вчителів:

Ціннісно-мотиваційний критерій характеризує вмотивованість вчителя до здійснення професійної діяльності у галузі освітньої робототехніки. Це відображається в його потребах у використанні сучасних технологій навчання освітньої робототехніки; в активній участі у вирішенні науково-педагогічних завдань у даній галузі; усвідомленні необхідності розвитку і саморозвитку в галузі робототехніки та освітньої робототехніки.

Когнітивний критерій становить систему знань вчителя у галузі освітньої робототехніки.

Діяльнісний критерій визначає систему набутих умінь, навичок і досвіду вчителя використовувати засвоєні знання в галузі освітньої робототехніки у власній педагогічній діяльності. Це відображається в його здатності здійснювати професійну діяльність у галузі освітньої робототехніки, демонструвати відповідний практичний досвід у стандартних і нестандартних ситуаціях.

Рефлексивний критерій надає можливість аналізувати здатність вчителя до самооцінювання і самоконтролю у процесі здійснення професійної діяльності у галузі освітньої робототехніки; визначає психологічну і професійну готовність вчителя до її навчання; здатність до саморозвитку, самоосвіти, рефлексії.

Таким чином, запропоновані критерії є основою для розробки діагностичного інструментарію для визначення рівнів сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки вчителів і майбутніх учителів. Критерії, показники, методи та інструменти вимірювання рівнів сформованості відповідних компетентностей подано у таблиці 4.2:

Таблиця 4.2

**Критерії, показники, методи та інструменти визначення рівнів
сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки
вчителів і майбутніх учителів**

Критерій	Ціннісно-мотиваційний	Когнітивний	Діяльнісний	Рефлексивний
Показник	Ставлення до навчання робототехніки, мотивація до навчання і до здійснення професійної діяльності у галузі освітньої робототехніки	Система знань у галузі освітньої робототехніки; знання теоретичних основ робототехніки та її використання в освітньому процесі	Уміння використовувати отримані знання в галузі освітньої робототехніки у власній педагогічній діяльності	Здатність до самооцінювання і самоконтролю у процесі здійснення професійної діяльності у галузі освітньої робототехніки; здатність до саморозвитку
Методи оцінювання	Опитування з використанням анкет; тематичне тестування	Тематичні та підсумкові тестування навчальних досягнень	Аналіз результатів виконання лабораторних і самостійних робіт, індивідуальних та групових проєктів (в тому числі STEAM і онлайн проєктів); взаємооцінювання (пірінгове оцінювання)	Опитування з використанням анкет
Інструменти	Сервіси Microsoft і Google для опитування, платформи для розробки опитувань і тестів (Kahoot, Mentimeter)	Засоби LCMS, платформи для розробки тестів (Kahoot, Mentimeter)	Засоби LCMS, хмарні сервіси і платформи для організації спільної діяльності, засоби для взаємооцінювання	Сервіси Microsoft і Google для опитування, платформи для розробки опитувань і тестів (Kahoot, Mentimeter)

(Ресурс: власна розробка)

Формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки забезпечує складна, багаторівнева система відповідної професійної підготовки до навчання освітньої робототехніки. Рівні сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки вчителів і майбутніх учителів виокремлено на основі методологічного положення про те, що система у своєму розвитку проходить низку етапів від зародження окремих елементів через об'єднання всіх елементів в єдину систему до її цілісності. Відповідно до [241, с. 344] під *рівнем сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки* будемо розуміти досягнутий на момент діагностування результат (на певному етапі освітнього процесу), що відображає ступінь володіння вчителем (майбутнім учителем) відповідними знаннями, уміннями, навичками у галузі освітньої робототехніки, а також його особисті якості, ставлення, способи мислення і ступінь готовності до професійної діяльності у зазначеній галузі.

Відповідно до побудованої структури компетентностей у галузі освітньої робототехніки для вчителів нами виділено чотири рівні сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки: *низький, базовий, достатній, високий*:

- *низький* – характеризується низьким рівнем мотивації до здійснення професійної діяльності у галузі освітньої робототехніки; володінням мінімальними знаннями у предметній галузі; досвід роботи з роботами, робототехнічними платформами та ін. невеликий або відсутній;
- *базовий* – характеризується неглибокими несистемними знаннями про засоби, інструменти, методи й технології предметної галузі; недостатнім рівнем ціннісного ставлення до розширення знань у галузі освітньої робототехніки; невеликим практичним досвідом використання відповідного апаратного і програмного забезпечення; неоднозначним ставленням до самовдосконалення у галузі робототехніки;
- *достатній* – характеризується стійким рівнем мотивації до здійснення професійної діяльності у галузі освітньої робототехніки; володінням

відповідними системними знанням у галузі освітньої робототехніки, прагненням їх розширювати; умінням використовувати відповідне апаратне і програмне забезпечення функціонування освітньої робототехніки; позитивним ставленням до самовдосконалення у галузі робототехніки;

- *високий* – характеризується високим рівнем мотивації до здійснення професійної діяльності у галузі освітньої робототехніки; володінням відповідними глибокими системними знанням у предметній галузі; здатністю добирати і застосовувати на практиці педагогічно виважені засоби, інструменти, методи й технології предметної галузі; діяти творчо в нестандартних ситуація у процесі вирішення проблем професійної діяльності у галузі освітньої робототехніки; постійним прагненням до самовдосконалення у галузі робототехніки.

Рівні сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки для вчителів відповідно до визначених критеріїв подано у таблиці 4.3.

**Характеристика рівнів сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки вчителів
відповідно до визначених критеріїв**

Рівень	Ціннісно-мотиваційний	Когнітивний	Діяльнісний	Рефлексивний
Низький	Низький рівень мотивації до здійснення професійної діяльності у галузі освітньої робототехніки	Наявність початкових уявлень про ОР, володіння базовими знаннями мов(и) програмування. Знання про деякі робототехнічні платформи і конструктори; уявлення про навчальний робототехнічний проєкт та його етапи	Уміння будувати базові електронні схеми з використанням мікроконтролерів і робототехнічних платформ відповідно до виконуваного проєкту; уміння будувати базові алгоритми роботи роботів і робототехнічних систем. Уміння застосовувати засвоєні знання для	Відсутність умінь об'єктивно оцінювати результати своєї діяльності у галузі освітньої робототехніки; відсутність самостійності і автономності

Рівень	Ціннісно-мотиваційний	Когнітивний	Діяльнісний	Рефлексивний
			розв'язування базових задач з ОР	
Базовий	Недостатній рівень ціннісного ставлення до розширення знань у галузі освітньої робототехніки; недостатнє усвідомлення важливості підготовки у галузі освітньої робототехніки; нерозуміння її важливості і ролі на сучасному етапі розвитку цифрового суспільства	Знання про найпоширеніші робототехнічні платформи і конструктори, знання їх характеристик. Знання мов(и) програмування на рівні, необхідному для програмування роботів і робототехнічних систем. Знання етапів створення і виконання навчального робототехнічного проєкту	Уміння використовувати знання математики, інформатики, природничих наук тощо, а також їх міжпредметні зв'язки у процесі розв'язування задач, пов'язаних з ОР. Уміння працювати з онлайн середовищами для навчання робототехніки; уміння реалізовувати найпростіші навчальні робототехнічні проєкти	Недостатньо (частково) сформовані уміння об'єктивно оцінювати результати своєї діяльності у галузі освітньої робототехніки; низький рівень самостійності і автономності; неоднозначне ставлення до самовдосконалення у галузі робототехніки
Достатній	Стійкий рівень мотивації до здійснення професійної діяльності у галузі освітньої	Знання характеристик робототехнічних платформ та відповідного їм програмного забезпечення.	Уміння добирати робототехнічні платформи, конструктори відповідно	Достатні уміння об'єктивно оцінювати результати своєї діяльності у галузі

Рівень	Ціннісно-мотиваційний	Когнітивний	Діяльнісний	Рефлексивний
	<p>робототехніки; позитивне ставлення до самовдосконалення у галузі робототехніки</p>	<p>Знання мов(и) програмування, розуміння принципів їх використання для програмування роботів і робототехнічних систем. Розуміння принципів функціонування онлайн середовищ для навчання робототехніки. Знання закономірностей, принципів, методів викладання і навчання ОР як напряму STEAM</p>	<p>до поставлених задач, уміння працювати з емуляторами робототехнічних платформ і відповідним програмним забезпеченням; уміння проектувати робототехнічні системи. Уміння програмути роботів і робототехнічних систем. Уміння здійснювати добір онлайн середовищ для навчання робототехніки. Уміння планувати освітній процес з ОР; розробка, впровадження і аналіз STEAM-проектів на основі використання робототехнічних систем;</p>	<p>освітньої робототехніки; самостійність, автономність, самоорганізація; уміння приймати обґрунтовані рішення</p>

Рівень	Ціннісно-мотиваційний	Когнітивний	Діяльнісний	Рефлексивний
			оцінювання результатів навчання ОР	
Високий	Високий рівень мотивації до здійснення професійної діяльності у галузі освітньої робототехніки; постійне прагнення до самовдосконалення у галузі робототехніки; відкритість до нових ідей	Глибоке розуміння зв'язків ОР з різними галузями, важливість її навчання учнів. Знання етапів процесу інженерного проектування, розуміння методів аналізу, побудови і дослідження моделей робототехнічних систем. Глибоке знання мов(и) програмування; розуміння особливостей їх використання для програмування роботів і робототехнічних систем. Знання принципів управління пізнавальною діяльністю; розуміння	Уміння формулювати дослідницьке завдання, пов'язане з ОР, та визначати шляхи його вирішення. Уміння планувати, реалізовувати навчальні робототехнічні проекти (в тому числі STEAM-проекти), оцінювати їх з точки зору ефективності та можливості подальшого використання в практичних цілях. Уміння планувати освітній процес з ОР в умовах невизначеності; створювати навчальні	Здатність об'єктивно оцінювати результати своєї діяльності у галузі освітньої робототехніки; ініціативність, соціальна відповідальність, розуміння наслідків власної діяльності, в тому числі й у процесі побудови і використання робототехнічних систем; здатність активно діяти; уміння вирішувати складні проблеми; творча самостійність, високий

Рівень	Ціннісно-мотиваційний	Когнітивний	Діяльнісний	Рефлексивний
		важливості впровадження ОР як напряму STEAM-освіти для формування в учнів наукового світогляду. Розуміння важливості неперервного розвитку у галузі ОР для здійснення ефективної професійної діяльності	середовища і умови для ефективного навчання ОР; оцінювання результатів навчання ОР	рівень автономності щодо здійснення діяльності у галузі освітньої робототехніки

(Ресурс: власна розробка)

4.4. Підготовка майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти як педагогічна проблема

Робототехніка є ефективним засобом інженерної освіти школярів у всьому світі. Для залучення дітей до технічної творчості і стимулювання розвитку інженерного мислення необхідні кваліфіковані вчителі, компетентні не тільки з програмування, фізики, електроніки, а й з методики навчання, педагогіки, психології [71]. Тому завданням закладів вищої педагогічної освіти є підготовка педагогів для роботи зі школярами відповідно до сучасних тенденцій, стандартів і вимог сьогодення.

У зв'язку з цим особливого значення набувають питання підготовки студентів педагогічних університетів, які зможуть навчати дітей освітньої робототехніки, та, відповідно, питання впровадження робототехніки в навчальний процес закладів вищої педагогічної освіти як складової підготовки майбутніх учителів (рис. 4.7), [201, с. 179].



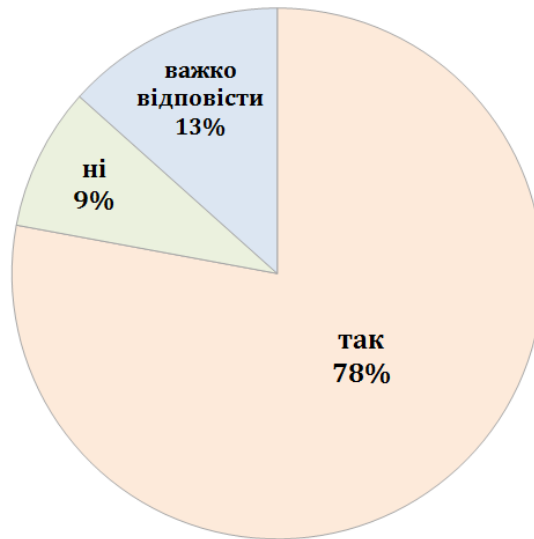
Рис. 4.7. Актуальність підготовки майбутніх учителів до навчання освітньої робототехніки

(Ресурс: власна розробка [201, с. 179])

Актуальність підготовки майбутніх учителів до навчання освітньої робототехніки також підтверджується результатами дослідження для визначення стану навчання робототехніки в школах України, розглянутого у п. 3.5.

Наведемо окремі результати опитування, що показують думку освітян та науковців стосовно необхідності підготовки вчителів робототехніки в закладах вищої освіти (рис. 4.8 – рис. 4.10), [187].

З.: Чи вважаєте Ви, що потрібно готувати вчителів робототехніки в закладах вищої освіти?



*Рис. 4.8. Розподіл відповідей респондентів
(Ресурс: власна розробка [187, с. 339])*

З.: Чи погодились би Ви на підвищення кваліфікації (перепідготовку, отримання другої вищої освіти, самонавчання) для того, щоб впроваджувати робототехніку в школі або викладати її в закладах позашкільної освіти?



Рис. 4.9. Розподіл відповідей респондентів

(Ресурс: власна розробка [187, с. 340])

Результати даного опитування показують, що:

- більшість опитаних (78%) вважають, що потрібно готувати вчителів робототехніки в закладах вищої освіти (рис. 4.8);
- більшість респондентів (79%) готові до підвищення кваліфікації (перепідготовки, отримання другої вищої освіти, самонавчання тощо) для того, щоб впроваджувати освітню робототехніку в школах або навчати її в закладах позашкільної освіти (рис. 4.9).

Наведемо результати опитування, що показують думку респондентів стосовно того, майбутніх вчителів яких спеціальностей доцільно готувати до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти [201].

3.: Вчителю якого предмету, на Вашу думку, доцільно надавати додаткову кваліфікацію вчителя (керівника гуртка) робототехніки?

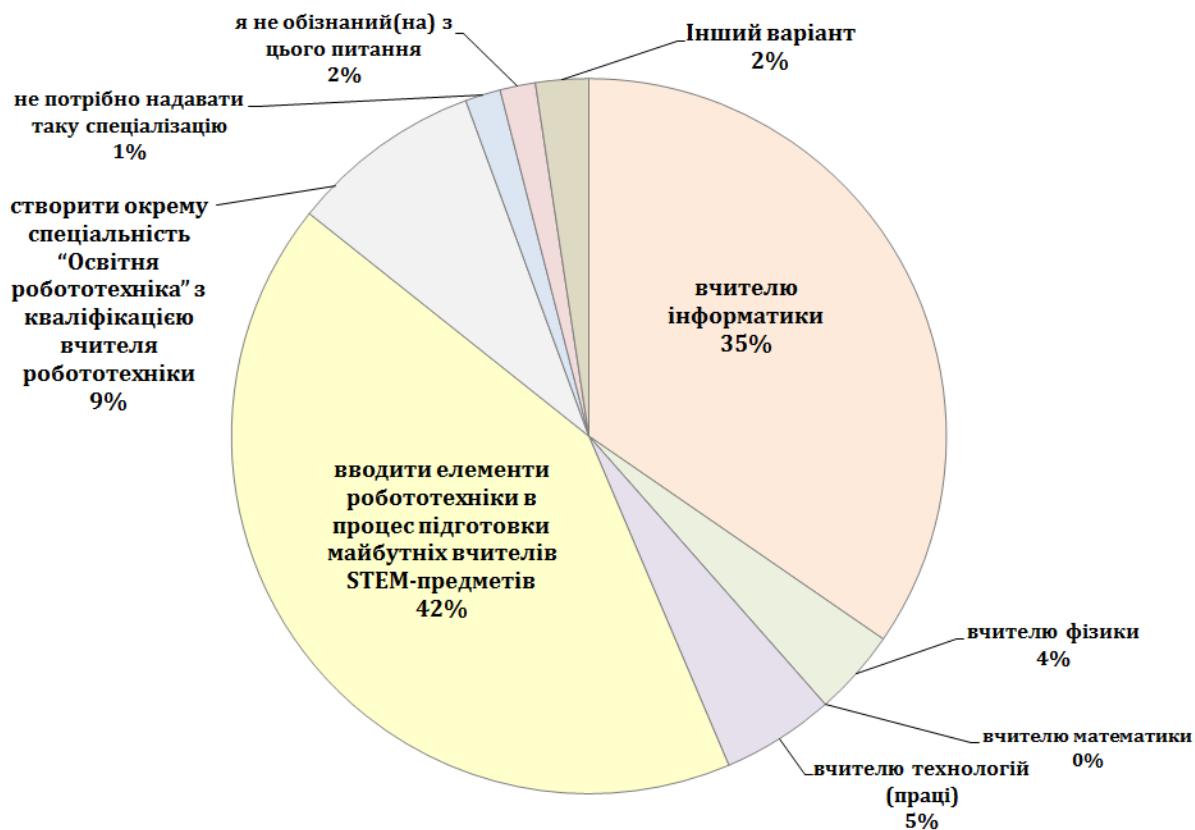


Рис. 4.10. Розподіл відповідей респондентів

(Ресурс: власна розробка [201, с. 183])

Як видно з рис. 4.10, останнє питання є дискусійним, оскільки на теперішній час для підготовки майбутніх учителів, які будуть навчати освітньої робототехніки, необхідно визначити структуру та зміст її навчання в закладах середньої освіти. Зазначимо також, що для побудови структури шкільного курсу робототехніки, що відповідає вимогам сьогодення, важливо враховувати сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі та перспективи її розвитку [201, с. 183-184].

Результати відповідей на останнє запитання (рис. 4.10) показали, що 42% опитаних вважають за доцільне вводити елементи робототехніки в процес підготовки майбутніх учителів STEM-предметів (інформатики, фізики, математики, технологій). Цей шлях поки що є достатньо складним, оскільки Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) в Україні була затверджена лише у серпні 2020 року. Таким чином структура STEAM-освіти не є визначеною на сьогодні, і нині ведуться активні пошуки шляхів підготовки вчителів до навчання STEAM-курсів; впровадження й реалізації STEAM-проектів; готовності до формування STEAM-компетентностей в учнів, а також розробка відповідного науково-методичного забезпечення. Крім того, важливим кроком у даному напрямі є оновлення освітніх програм для підготовки фахівців у галузі STEAM-освіти в педагогічних закладах вищої освіти, що, як відомо, є достатньо інертним процесом і відбувається повільно.

В той же час значна частина респондентів (35%, рис. 4.10) вважають, що додаткову кваліфікацію вчителя робототехніки доцільно надавати майбутнім учителям інформатики, що є логічним за умов відсутності на теперішній час окремої освітньої галузі "Робототехніка" за державним стандартом освіти.

Таким чином, враховуючи результати проведеного дослідження, зазначимо, що на теперішній час актуальною є розробка освітніх програм для підготовки майбутніх учителів, які не тільки володітимуть системними знаннями та відповідними компетентностями в галузі робототехніки, а й

методикою її навчання в закладах освіти з урахуванням індивідуальних особливостей учнів та із застосуванням ідей STEAM-освіти.

Зміст підготовки майбутніх учителів, які будуть навчати освітньої робототехніки, також залежить від того, яким чином її буде впроваджено у навчальний процес закладів середньої освіти [201, с. 183], (див. також результати опитування освітян у п. 3.5, рис. 3.17):

- як окремий навчальний предмет;
- як змістова (наскрізна) лінія інформатики;
- як змістова (наскрізна) лінія фізики;
- як змістова (наскрізна) лінія технологій;
- як компонента STEM-освіти через змістові (наскрізні) лінії одразу кількох STEM-предметів (інформатики, фізики, математики, технологій);
- як факультатив.

Питання підготовки майбутніх учителів, які можуть навчати освітньої робототехніки, розглядаються в роботах як українських, так і зарубіжних дослідників таких (Н.В. Морзе, О.С. Мартинюк, Р.С. Белзецький, Н.В. Бужинська, Н.В. Валько, М.А. Гладун, Д.М. Гребнева, О.В. Задорожна, Н.А. Іонкіна, Ю.Г. Ковальов, В.А. Корабльов, Т.Л. Мазурок, С.С. Пахачук, В.В. Черних, Д. Алімісіс, Дж. Арлегі, Б. Бос, А. Бреденфельд, К. Донхо, С. Іоніта, М. Ернст, С. Куцук, Дж. Лапеш, Е. Менегатті, С. Монфалькон, М. Моро, Л. Негріні, А. Ортіс, К. Папаніколау, А. Піна, Д. Прашант, Х. Роджер, Б. Сісман, С. Сміт, Д. Тохачек, А. Узун, Н. Фава, С. Франгу, А. Хофман, Ю. Цзянмей, К. Чанмін, Т. Чі, Г. Штайнбауер та ін.).

На думку О.С. Мартинюка, підготовку фахівців у галузі освітньої робототехніки необхідно здійснювати у процесі навчання майбутніх учителів фізики і загальнотехнічних дисциплін [112; 113].

Д. Алімісіс пропонує готувати до навчання освітньої робототехніки вчителів технологій і природничих наук [248].

Н.В. Валько розглядає освітню робототехніку як засіб підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM-технологій [28; 29].

Дж. Лапеш і Д. Тохачек вважають, що освітню робототехніку необхідно впроваджувати у підготовку майбутніх учителів ІКТ [493].

Н.В. Бужинська, Д.М. Гребнева у [23, с. 230] зазначають, що інформатика є провідною дисципліною для навчання освітньої робототехніки. Навчати її повинні вчителі інформатики відповідно в рамках шкільного курсу інформатики.

Аналогічних міркувань дотримуються й інші дослідники. Так, наприклад, К.А. Вегнер вважає, що найбільш відповідною дисципліною для підготовки фахівців у галузі робототехніки є інформатика [32, с. 17]. На його думку починати підготовку майбутнього інженера-робототехніка потрібно ще зі шкільної лави. Однак це завдання досить складно вирішити в рамках традиційного комплексу фізико-математичних дисциплін. Це можуть ефективно реалізувати вчителі інформатики.

У дослідженні [110] Т.Л. Мазурок, В.А. Корабльов, В.В. Черних розглядають питання підготовки майбутніх учителів інформатики до викладання робототехніки.

Отже, узагальнюючи досвід практикуючих освітян, які навчають освітньої робототехніки та досліджують питання підготовки майбутніх учителів до її навчання [23; 24; 28; 29; 71; 110; 112; 248; 251; 252; 285; 385; 405; 458; 493; 501], попередні дослідження автора у даній галузі [128; 168; 187; 190; 192; 193; 196; 201; 202; 208; 209; 400] та власний досвід, вважаємо, що за умов відсутності на сьогодні за державним стандартом освіти в Україні окремої освітньої галузі "Робототехніка" найбільш готовими до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти є *майбутні вчителі інформатики*.

Актуальність підготовки майбутніх учителів інформатики до впровадження та навчання освітньої робототехніки в українських школах

зумовлена їх ґрунтовною фундаментальною підготовкою у галузі програмування, інформатичних та математичних дисциплін [201, с. 186]. Наведемо міркування, що призвели до такого висновку:

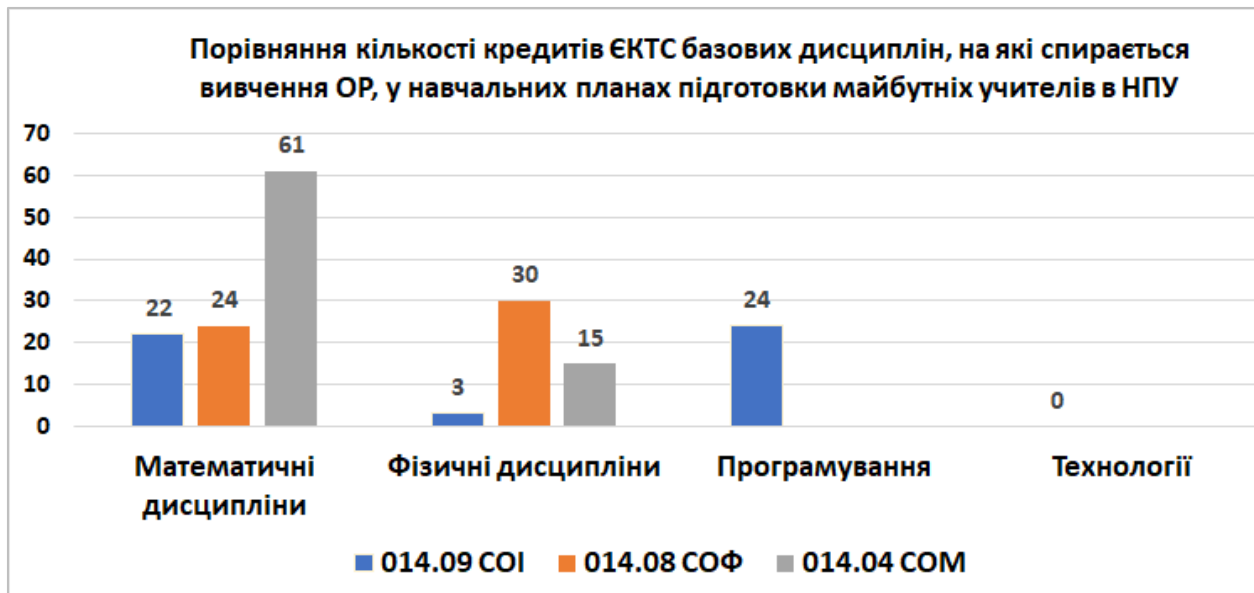
1. Аналіз існуючих програм факультативів, курсів за вибором з робототехніки шкільних та позашкільних закладів освіти [21; 30; 53; 79; 82; 104; 107; 108; 130; 131; 144; 221; 230] показав, що на теперішній час робототехніки навчають за такими основними модулями:
 - Вступ до робототехніки. Галузі її застосування.
 - Базові робототехнічні моделі.
 - Проєктування та конструювання роботів.
 - Програмування робототехнічних платформ. Середовища для програмування робототехнічних платформ.
 - Організація випробувань готових конструкцій роботів (тестування роботів).
2. Для підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки за зазначеними модулями в них є суттєва перевага перед студентами інших спеціальностей природничо-математичних напрямів – *ґрунтова підготовка з програмування та відповідні компетентності в галузі програмування*, що є базовим для навчання робототехніки.
3. Формування інших компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики можна досягти шляхом введення в освітні програми підготовки студентів відповідних дисциплін (та/або їх блоків).

Для підтвердження розглянутих вище міркувань наведемо аналіз навчальних планів ОПП підготовки майбутніх учителів інформатики, математики, фізики, технологій першого (бакалаврського) рівня (за 2016-2018 рр.) Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (НПУ), Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (УДПУ), Херсонського державного університету (ХДУ), Державний заклад "Південноукраїнський національний педагогічний університет імені

К.Д. Ушинського" (ПНПУ). Метою аналізу було порівняння кількості кредитів, виділених на навчання дисциплін, на які безпосередньо спирається вивчення освітньої робототехніки. До таких дисциплін належать (п. 3.2.2): базові математичні дисципліни (вища математика, математичний аналіз, алгебра, геометрія та ін.); базові фізичні дисципліни (загальна фізика, основи мікроелектроніки та ін.); програмування; технології (основи конструювання і технології). З навчальних планів було проаналізовано дисципліни з циклу професійної підготовки (обов'язкові) і дисципліни за вибором ЗВО.

На рис. 4.11 – рис. 4.14 подано відповідні результати. Для зручності сприйняття даних в рисунках використані такі скорочення:

- 014.09 СОІ - 014.09 "Середня освіта (інформатика)";
- 014.08 СОФ - 014.08 "Середня освіта (фізика)";
- 014.09 СОМ - 014.04 "Середня освіта (математика)";
- 014.10 СОТН - 014.10 "Середня освіта (трудове навчання)".



*Рис. 4.11. Порівняння базових дисциплін, на які спирається вивчення освітньої робототехніки, у навчальних планах підготовки майбутніх учителів в НПУ
(Ресурс: власна розробка)*

Як видно з рис. 4.11, студенти усіх спеціальностей (майбутні вчителі математики, фізики, інформатики) мають математичну ґрунтовну підготовку. Фізична підготовка майбутніх учителів інформатики є недостатньою для вивчення освітньої робототехніки, проте лише вони вивчають програмування у значному обсязі (24 кредити ЄКТС – 10% годин освітньої програми).

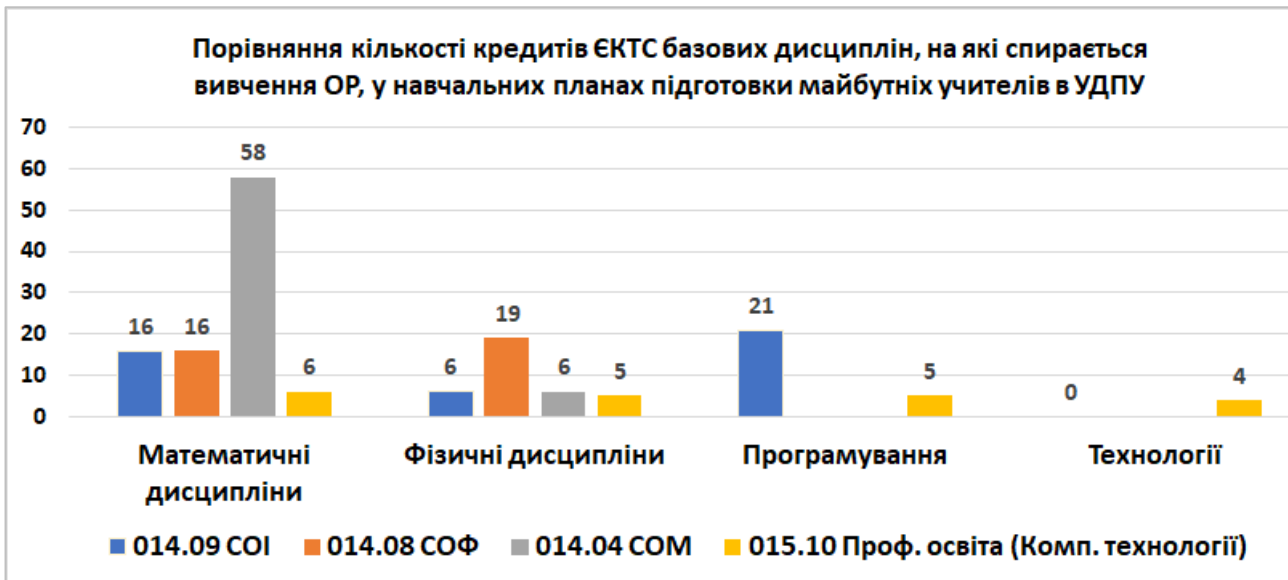


Рис. 4.12. Порівняння базових дисциплін, на які спирається вивчення освітньої робототехніки, у навчальних планах підготовки майбутніх учителів в УДПУ (Ресурс: власна розробка)

Аналізуючи розподіл кількості кредитів ЄКТС на базові пропедевтичні дисципліни освітньої робототехніки в УДПУ, поданий на рис. 4.12, слід зазначити, що студенти всіх спеціальностей мають достатньо ґрунтовну математичну і фізичну підготовку, проте лише майбутні вчителі інформатики мають хорошу базову підготовку у галузі програмування (21 кредит ЄКТС).

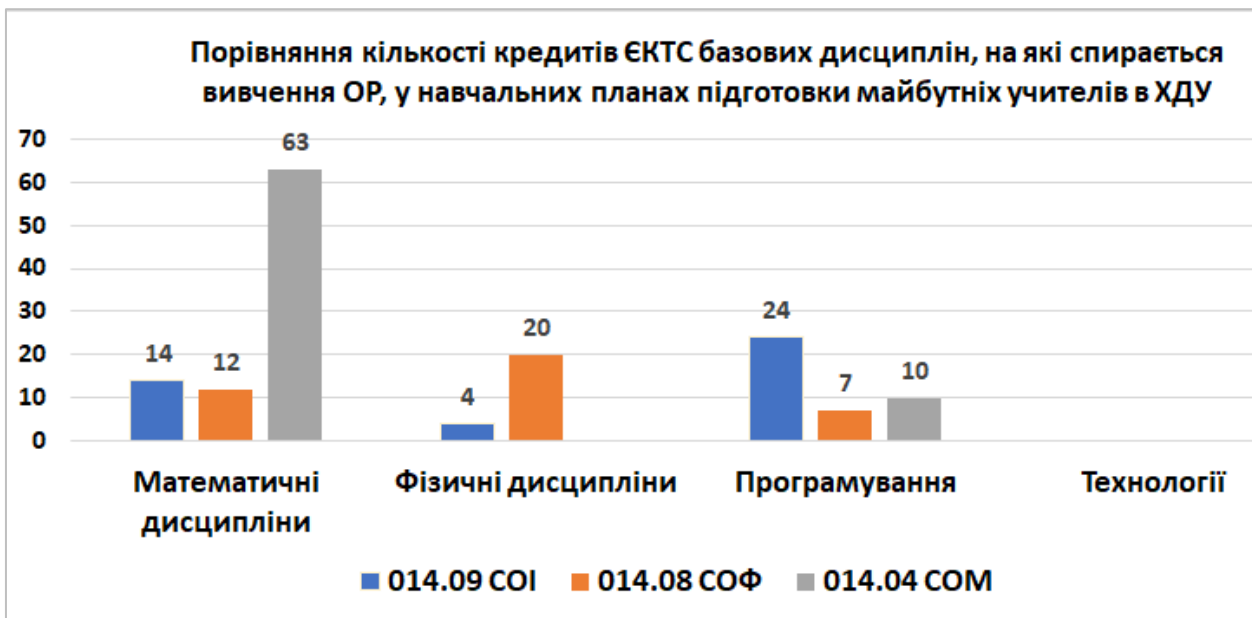


Рис. 4.13. Порівняння базових дисциплін, на які спирається вивчення освітньої робототехніки, у навчальних планах підготовки майбутніх учителів в ХДУ (Ресурс: власна розробка)

З рис. 4.13 видно, що студенти всіх спеціальностей, освітні програми яких було відібрано для аналізу, мають підготовку у галузі програмування. Проте найбільша кількість кредитів з програмування запланована для вивчення майбутніми вчителями інформатики (24 кредити ЄКТС – 10% годин освітньої програми).

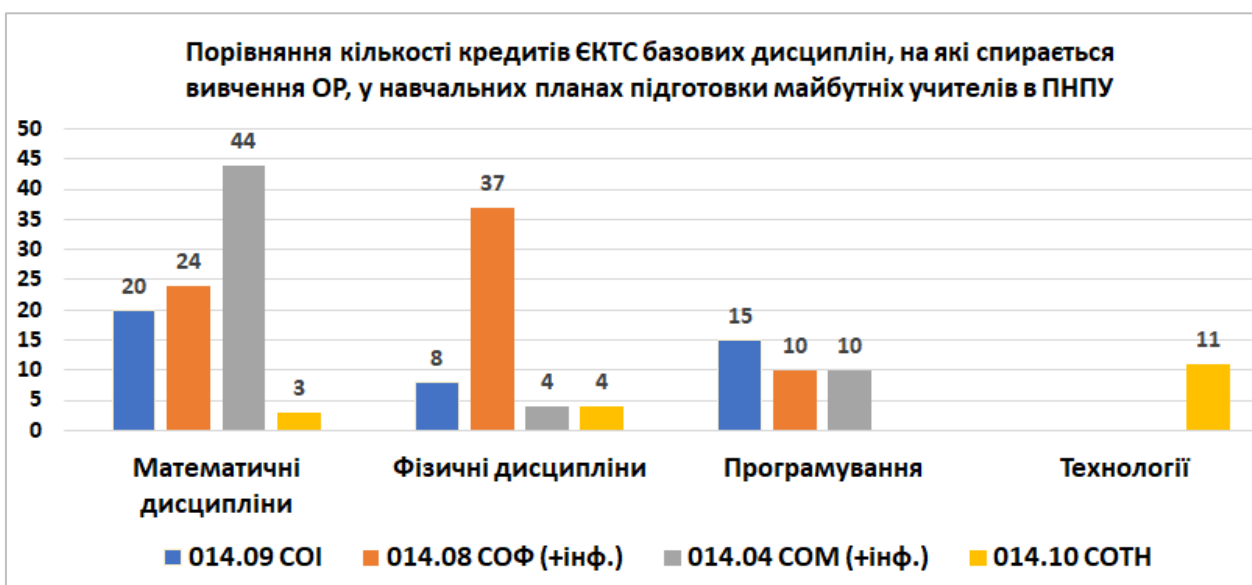


Рис. 4.14. Порівняння базових дисциплін, на які спирається вивчення освітньої робототехніки, у навчальних планах підготовки

майбутніх учителів в ПНПУ

(Ресурс: власна розробка)

Аналіз підготовки майбутніх учителів до вивчення робототехніки (рис. 4.14) показав, що студенти всіх спеціальностей (крім 014.10 СОТН) мають хорошу математичну підготовку, а студенти спеціальностей 014.09 СОІ і 014.08 СОФ також і достатню кількість годин на вивчення фізичних дисциплін. Достатня кількість годин на підготовку студентів у галузі програмування (крім 014.10 СОТН) пов'язана з тим, що аналізувались освітні програми підготовки майбутніх учителів математики і фізики з додатковою спеціальністю "Інформатика". Проте найбільшу кількість годин на вивчення програмування мають майбутні вчителі інформатики (15 кредитів ЄКТС).

Таким чином, аналіз ОПП підготовки студентів показав, що студенти, які навчаються за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)", мають ґрунтовну підготовку з програмування та відповідні компетентності, що є базовим для навчання освітньої робототехніки.

Майбутні вчителі інформатики будуть навчати освітньої робототехніки в умовах невизначеності:

- навчання освітньої робототехніки ЗСО можуть планувати на свій розсуд: як гурток, факультатив або предмет за вибором (за рахунок варіативної складової);
- в деяких школах немає можливості навчати освітньої робототехніки як зазначено вище, і вчителі можуть це реалізовувати через: окремі модулі (інформатики), інтегровані уроки, STEAM-проекти в межах інформатики (компетентнісні задачі), фізики, технологій.

Тому студентів необхідно підготувати до таких видів робіт: оцінювати фонд наявних аудиторних годин для навчання освітньої робототехніки; добирати зміст її навчання освітньої робототехніки відповідно з урахуванням

кількості годин, вікової категорії учнів, форми навчання тощо; нарощувати матеріальну складову (комп'ютери, робототехнічні платформи, конструктори тощо); враховувати наявні педагогічні умови у процесі навчання освітньої робототехніки відповідно до потужностей закладу середньої освіти.

Результати проведеного дослідження дозволяють зробити висновки про наявність в розглянутих освітніх програмах дисциплін, які є підґрунтям для навчання освітньої робототехніки взагалі і для розвитку відповідних компетентностей зокрема. Отже, це показує необхідність формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики.

4.5. Структура і зміст авторської моделі формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики

Формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики забезпечується у процесі навчання за розробленою методичною системою підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти, що відповідає соціальній затребуваності навчання робототехніки в закладах освіти. В свою чергу, це пов'язано з цифровою трансформацією багатьох галузей суспільної діяльності, в тому числі з потребами сучасного ринку праці до підготовки фахівців робототехнічної галузі.

На основі аналізу наукових та методичних джерел автором розроблено модель формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики, що складається з чотирьох блоків (*методологічно-цільового, змістово-методичного, процесуально-організаційного, діагностично-результативного*) і являє собою цілісну систему взаємопов'язаних складових, які повинні забезпечити досягнення поставленої мети (рис. 4.15).

У даному дослідженні будемо дотримуватись визначення поняття "модель", запропонованого В.Ю. Биковим у [17]: "*модель* - це певне подання (аналогу, образу) системи, що проєктується, відображає особливості і властивості цієї системи й забезпечує досягнення цілей побудови та використання цієї моделі".

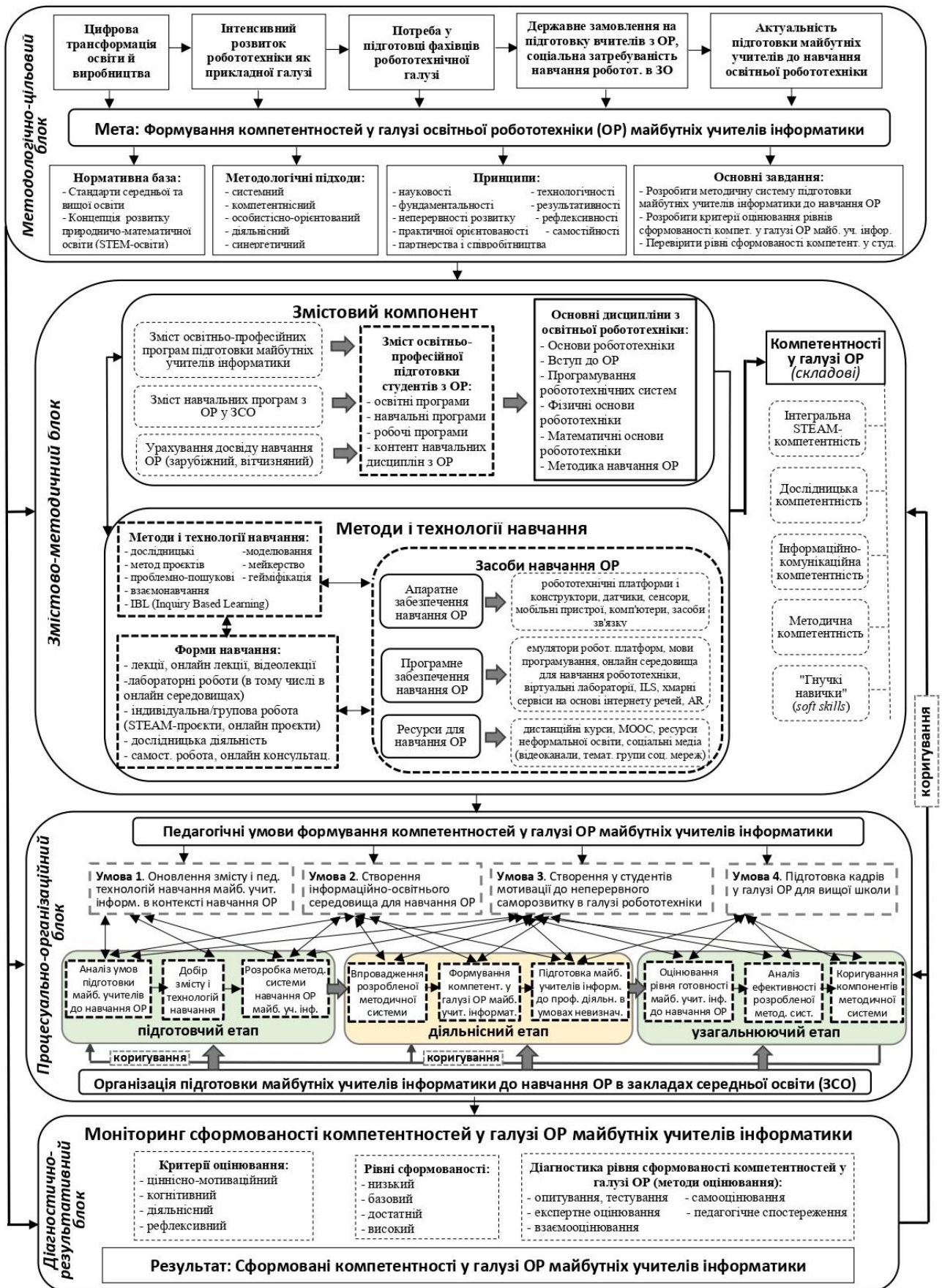


Рис. 4.15. Модель формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики (Ресурс: власна розробка)

У *методологічно-цільовому блоці* зазначено мету розробки даної моделі – формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики.

Для навчання майбутніх фахівців у галузі робототехніки необхідне оновлення змісту шкільної та університетської освіти відповідно до тенденцій розвитку сучасних цифрових технологій. Це визначає актуальність впровадження освітньої робототехніки в навчальний процес закладів вищої педагогічної освіти й формування в майбутніх учителів відповідних компетентностей у галузі освітньої робототехніки.

До компоненту "*нормативна база*" належать стандарти середньої та вищої освіти, а також Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), оскільки майбутні вчителі інформатики повинні не тільки володіти системними знаннями та відповідними компетентностями в галузі освітньої робототехніки, а й методикою її навчання в закладах освіти з урахуванням індивідуальних особливостей учнів та із застосуванням ідей STEAM-освіти.

Досягнення визначеної мети формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики відбувається за рахунок виконання основних завдань, до яких належать:

- розробка методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти;
- розробка критеріїв оцінювання рівнів сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики;
- перевірка рівнів сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики.

Механізмами реалізації основних завдань є *методологічні підходи* (системний, компетентнісний, особистісно-орієнтований, діяльнісний, синергетичний) та *принципи* (науковості, технологічності, фундаментальності,

результативності, неперервності розвитку, рефлексивності, практичної орієнтованості, самостійності, партнерства і співробітництва).

У *змістово-методичному блоці* забезпечується досягнення основної мети розробки та використання методичної система підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти – формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики. Це відбувається за рахунок добору відповідних змісту, методів і технологій навчання освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики.

Змістовий компонент містить опис складових, які визначають професійну підготовку студентів у галузі освітньої робототехніки. До них належать: зміст ОПП підготовки майбутніх учителів інформатики бакалаврського та магістерського рівнів вищої освіти, навчальні програми (обов'язкові і за вибором студента), контент навчальних дисциплін з освітньої робототехніки. Зміст навчання освітньої робототехніки розроблений з урахуванням змісту ОПП підготовки майбутніх учителів інформатики, змісту існуючих навчальних програм з освітньої робототехніки у ЗСО (шкільних, позашкільних – державних і комерційних) та з урахуванням досвіду навчання освітньої робототехніки (вітчизняного і зарубіжного).

Для опанування змісту навчання з освітньої робототехніки нами було розроблено відповідні дисципліни. До них належать "Основи робототехніки", "Вступ до освітньої робототехніки", "Фізичні основи робототехніки", "Програмування робототехнічних систем", "Математичні основи робототехніки", "Методика навчання освітньої робототехніки". Апробація зазначених дисциплін та їх модулів була здійснена у процесі підготовки студентів Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова, Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини, Державного вищого навчального закладу "Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди",

Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, Черкаського державного технологічного університету, Криворізького державного педагогічного університету (протягом 2015-2020 рр.).

Методично-технологічний компонент представлений сукупністю різноманітних методів, технологій, форм і засобів організації навчання освітньої робототехніки, необхідних для досягнення необхідного рівня сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики. Для забезпечення її ефективного навчання і формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики було здійснено добір відповідних *методів і технологій навчання*.

У процесі навчання освітньої робототехніки використовуються традиційні та інноваційні *методи і технології навчання*: проблемно-пошукові (*PBL – Problem-based learning*), дослідницькі, метод проєктів, навчання, засноване на дослідженні (*IBL – Inquiry Based Learning*), метод моделювання, взаємонавчання (*peer-to-peer*), гейміфікація (*gamification*), мейкерство (*DIY – do it yourself*) та ін.

Як показав власний практичний досвід, для забезпечення ефективної підготовки студентів з освітньої робототехніки ефективним є використання таких основних *форм навчання*: лекційні (в тому числі онлайн і відеолекції), лабораторні заняття (в тому числі в онлайн середовищах і віртуальних лабораторіях), індивідуальна та групова робота через виконання STEAM-проєктів (онлайн проєктів), дослідницька діяльність, самостійна робота, онлайн консультації та ін.

Основними *засобами навчання* освітньої робототехніки є: *спеціалізоване апаратне забезпечення* (робототехнічні платформи і конструктори, датчики, сенсори, комп'ютери, мобільні пристрої, засоби зв'язку), відповідне *програмне забезпечення* (емулятори робототехнічних платформ, мови програмування,

онлайн середовища для навчання робототехніки, віртуальні лабораторії, віртуальні середовища, засновані на дослідженні (*ILS – Inquiry learning spaces*), хмарні сервіси на основі інтернету речей, технології на основі доповненої реальності (*AR – Augmented Reality*), а також *ресурси для навчання освітньої робототехніки* – контент навчальних дисциплін з освітньої робототехніки, відповідні розроблені дистанційні курси, навчальні посібники з освітньої робототехніки та ін. До останніх також належать *ресурси неформальної освіти* (масові відкриті онлайн курси з робототехніки популярних MOOC-платформ, тематичні відеоканали, вебінари, тематичні групи соціальних мереж тощо).

Формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики здійснюється шляхом гармонійного поєднання педагогічних технологій, проблемного і дослідницького навчання, моделювання робототехнічних систем, реалізації проєктів різного типу з використанням робототехнічних систем (в тому числі міжпредметних STEAM-проєктів), виваженого добору відповідних засобів навчання освітньої робототехніки.

У *процесуально-організаційному блоці* показано зв'язок розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти із педагогічними умовами формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики.

Ефективність і результативність системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки, а також формування відповідних компетентностей досягається завдяки створенню відповідних педагогічних умов. У роботі [29] *педагогічні умови* визначено як комплекс взаємопов'язаних і взаємозумовлених обставин, врахування яких забезпечує цілеспрямованість та ефективність процесу підготовки майбутніх учителів. У даному дослідженні будемо дотримуватись саме такого тлумачення даного поняття.

У процесі формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики нами визначено такі педагогічні умови:

- оновлення змісту і педагогічних технологій навчання майбутніх учителів інформатики в контексті вивчення освітньої робототехніки відповідно до вимог цифрового суспільства (умова 1);
- створення інформаційно-освітнього середовища для навчання освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики (умова 2);
- створення у студентів мотивації до неперервного саморозвитку в галузі робототехніки (умова 3);
- підготовка кадрів у галузі освітньої робототехніки для вищої школи (умова 4).

Оновлення змісту і педагогічних технологій навчання майбутніх учителів інформатики є необхідною умовою для їх підготовки у галузі освітньої робототехніки, що, як було раніше показано, пов'язано із стрімким розвитком робототехніки як прикладної галузі (п. 3.1).

Для вдосконалення професійної підготовки майбутніх учителів інформатики на факультеті інформатики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова в 2017-2019 рр. за участю автора даної роботи було оновлено освітні програми для підготовки студентів за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)". Зокрема, в навчальні плани підготовки майбутніх учителів інформатики введено дисципліни з робототехніки та освітньої робототехніки, впровадження яких пов'язано із соціальною затребуваністю до її навчання в закладах освіти і, відповідно, необхідністю підготовки вчителів. Крім зазначених дисциплін до ОПП підготовки студентів також було включено й інші дисципліни, зміст яких студенти повинні засвоїти відповідно до вимог сучасного цифрового суспільства. Зокрема, до найважливіших з них належать: "Основи комп'ютерного дизайну", "Основи 3D технологій", "Комп'ютерна графіка та

анімація", "Системи віртуальної та доповненої реальності", "Основи інтернету речей" та ін.

Оновлення освітніх програм забезпечує також і реалізацію останньої умови - підготовки кадрів у галузі освітньої робототехніки для вищої школи, оскільки розробка навчальних планів здійснювалась також і для магістрів, які навчаються за освітньо-науковою програмою.

Однією і важливих умов формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики є створення відповідного інформаційно-освітнього середовища. Складовими такого середовища є: наповнення навчальних дисциплін з освітньої робототехніки; навчальні електронні курси для дистанційного навчання; віртуальні лабораторії з робототехніки; емулятори робототехнічних платформ; хмарні сервіси з робототехніки, в тому числі на основі інтернету речей; ресурси неформальної освіти з освітньої робототехніки (МООС, соціальні медіа, канали месенджерів).

Створення у студентів мотивації до неперервного саморозвитку в галузі робототехніки є невід'ємною складовою підготовки висококваліфікованих педагогів, які зможуть творчо реалізовувати власний потенціал і розвивати відповідні компетентності у галузі освітньої робототехніки в учнів. У процесі навчання освітньої робототехніки мотивацією для саморозвитку у даній галузі можуть слугувати такі чинники:

- можливість засвоєння нових знань, оволодіння навичками роботи з робототехнічними системами;
- можливість застосування раніше набутих знань з математики, фізики, інформатики;
- можливість оволодіння новими технологіями для подальшого їх використання у майбутній професійній діяльності.

Мотиваційні чинники до неперервного саморозвитку в галузі робототехніки також формуються в студентів у процесі проходження ними педагогічної практики з використанням різного матеріально-технічного

обладнання й різних умов і форм її проведення - на заняттях, змаганнях, хакатонах, фестивалях, наукових пікніках тощо (у державних і приватних школах, гуртках, відділеннях Малої академії наук та ін.).

Організація підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти, охарактеризована у процесуально-організаційному блоці, складалась з трьох етапів: *підготовчого, діяльнісного, узагальнюючого*.

На *підготовчому етапі* здійснювався аналіз умов підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки; добір змісту, методів і технологій навчання; визначався початковий стан готовності студентів до вивчення освітньої робототехніки; розроблялась методична система навчання освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики.

На *діяльнісному етапі* реалізовувалося впровадження розробленої методичної системи, використання якої сприяє формуванню у майбутніх учителів інформатики компетентностей у галузі освітньої робототехніки. Одним з важливих компонентів цього етапу є актуалізація у студентів знань зі STEAM-дисциплін, необхідних для вивчення освітньої робототехніки, а також формування в них ціннісно-мотиваційних орієнтирів, необхідних для здійснення їх подальшої професійної діяльності і неперервного саморозвитку в галузі навчання освітньої робототехніки (в закладах середньої освіти). Крім того, на даному етапі здійснювалась підготовка майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти в умовах невизначеності змісту навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти (забезпечується вивченням дисципліни "Методика навчання освітньої робототехніки" та педагогічною практикою з освітньої робототехніки).

На *узагальнюючому етапі* відбувався аналіз ефективності розробленої методичною системи; оцінювання рівня готовності майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти

(в тому числі в умовах невизначеності). На цьому етапі у студентів також відбувається рефлексія стосовно власної готовності до здійснення професійної діяльності у галузі освітньої робототехніки. На основі отриманих результатів відбувалось коригування компонентів розробленої методичної системи (змісту, методів і технологій навчання).

У *діагностично-результативному блоці* моделі визначено критерії і показники оцінювання рівня сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики (*ціннісно-мотиваційний, когнітивний, діяльнісний, рефлексивний*), що відповідають складовим цієї компетентності.

Діагностику рівнів сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки (*низький, базовий, достатній, високий*) пропонується здійснювати шляхом таких методів оцінювання, як:

- тематичні і підсумкові тестування навчальних досягнень студентів (інструменти: засоби LCMS, платформи для розробки тестів і опитувань, наприклад Kahoot, Mentimeter);
- аналіз результатів виконання лабораторних і самостійних робіт, індивідуальних та групових проєктів з використанням робототехнічних систем, в тому числі STEAM і онлайн проєктів, взаємооцінювання (інструменти: засоби LCMS, хмарні сервіси і платформи для організації спільної діяльності, засоби для взаємооцінювання);
- опитування з використанням тестів для визначення ставлень, особистих якостей, способів мислення (інструменти: Google-форми, платформи для розробки тестів і опитувань).

У моделі наявний зворотний зв'язок результатів оцінювання рівня сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики за умови отримання недостатнього рівня. Зворотній зв'язок реалізований для коригування змісту компонентів моделі (наприклад, уточнення відповідного змісту, технологій навчання тощо).

Напрямами формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики є:

1. *Формальне навчання* (відповідні дисципліни з освітньої робототехніки, передбачені за освітніми програмами);
2. *Практична складова навчання* (проектна діяльність студентів, педагогічна практика з освітньої робототехніки в закладах середньої і позашкільної освіти - школах, відділеннях Малої академії наук, гуртках тощо);
3. *Неформальне навчання* (відвідування майстер-класів практикуючих вчителів, керівників гуртків робототехніки в закладах позашкільної освіти, менторів, тренерів, відвідування семінарів, фестивалів, олімпіад з робототехніки; самоосвіта з використанням МООС, тематичних груп і каналів соціальних медіа тощо).

4.6. Основні компоненти методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки

Відповідно до [119; 166] основними компонентами методичної системи навчання є *цілі, зміст і технології навчання*. До технологій навчання належать *методи, засоби і форми* організації навчальної діяльності. Охарактеризуємо ці складові для розробленої методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки.

4.6.1. Мета і зміст підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки

Сучасні заклади загальної середньої освіти потребують висококваліфікованих, інтелектуальних, творчих, широко і глибоко обізнаних учителів інформатики, які б відповідально ставилися до виконання своїх обов'язків у професійній діяльності. Для забезпечення цього необхідним є оновлення освітніх програм підготовки студентів, розробка нових курсів та

підтримка змісту навчання існуючих профільних інформатичних дисциплін в актуальному стані з урахуванням розвитку сучасних цифрових технологій.

Відповідно до розвитку цифрових технологій і вимог сучасного суспільства на факультеті інформатики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова за участю автора даної роботи протягом 2017-2019 рр. здійснювалось оновлення освітніх програм підготовки студентів (бакалаврського і магістерського рівнів) за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)". Зокрема, як було зазначено у п. 4.5, у навчальні плани підготовки майбутніх учителів інформатики введено дисципліни з *робототехніки* та *освітньої робототехніки*. Розробка змісту і методичних систем навчання зазначених дисциплін сприяє підготовці педагогічних кадрів, готових працювати в умовах становлення цифрового суспільства.

Особливістю модернізації змісту підготовки майбутніх учителів інформатики в Національному педагогічному університеті імені М.П. Драгоманова полягає в тому, що оновлення зазначених освітніх програм здійснювалось не тільки відповідно до сучасних досягнень науки й техніки, а й з урахуванням міждисциплінарних і міжпредметних зв'язків та уникненням дублювання змісту навчального матеріалу.

Важливим компонентом розробленої методичної системи є визначення цілей навчання студентів освітньої робототехніки.

Метою підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання *освітньої робототехніки* є:

- формування у студентів системи наукових знань із дисциплін фундаментальної та професійної підготовки галузі "Робототехніка", здатність їх використовувати в практичній та професійній діяльності;
- формування у студентів спеціальної професійної термінології у галузі освітньої робототехніки, уміння її застосовувати і формувати відповідні навички її використання в учнів;

- засвоєння студентами теоретичних і практичних аспектів освітньої робототехніки;
- формування у студентів компетентностей у галузі освітньої робототехніки;
- формування умінь проєктувати, планувати, організовувати та реалізовувати освітній процес з освітньої робототехніки в закладах загальної середньої та позашкільної освіти;
- формування умінь володіння методикою навчання освітньої робототехніки в закладах загальної середньої та позашкільної освіти, в тому числі з використанням STEAM-орієнтованого підходу до навчання;
- формування у студентів мотивації до неперервного саморозвитку в галузі робототехніки;
- наближення рівня підготовки українських фахівців до вимог світового ринку праці, зокрема у робототехнічній галузі.

Для визначення *змісту навчання дисциплін з освітньої робототехніки* у педагогічному університеті був проведений аналіз змісту ОПП підготовки майбутніх учителів інформатики (окремо для бакалаврського і магістерського рівнів вищої освіти), змісту навчальних програм з освітньої робототехніки закладів середньої освіти, а також провідного українського і зарубіжного досвіду її навчання.

Зміст підготовки з освітньої робототехніки студентів педагогічних університетів на сьогоднішній день складно визначити однозначно. Це пов'язано з тим, що темп інновацій у цій галузі дуже високий: швидко змінюється відповідне апаратне і програмне забезпечення; інтенсивно розвиваються телекомунікаційні засоби зв'язку, створюються нові онлайн середовища, віртуальні лабораторії для навчання робототехніки і т.п. Цей фактор впливає на необхідність щорічного оновлення навчальних та/або робочих програм відповідних дисциплін, їх змістовного наповнення і контенту навчальних електронних курсів для дистанційного навчання тощо.

Починаючи з 2015 року, протягом кожного наступного навчального року вносились зміни до структури і змісту навчання дисциплін з освітньої робототехніки:

- 2015-2016 рр. – навчання освітньої робототехніки відбувалось за змістом модулів курсу "Соціальна інформатика" (для студентів-бакалаврів факультету інформатики);
- 2016-2017 рр. – навчання освітньої робототехніки відбувалось за змістом модулів курсів "Соціальна інформатика" (для студентів-бакалаврів факультету інформатики) і "Сучасна інформатика" (для студентів-магістрів фізико-математичного факультету);
- 2017-2018 рр. – навчання освітньої робототехніки відбувалось за змістом модулів курсів "Соціальна інформатика" (для студентів-бакалаврів факультету інформатики) і "Прикладна інформатика" (для студентів-магістрів факультету інформатики);
- 2018-2019 рр. – навчання освітньої робототехніки відбувалось як за змістом модулів курсу "Соціальна інформатика" (для студентів-бакалаврів факультету інформатики), так і за змістом вибіркового блоку дисциплін "Освітня робототехніка" (для студентів-магістрів факультету інформатики);
- 2019-2020 рр. – навчання освітньої робототехніки відбувалось як в рамках профільних курсів "Основи робототехніки", "Інтелектуальні робототехнічні системи" (для студентів-бакалаврів факультету інформатики), так і за змістом вибіркового блоку дисциплін "Освітня робототехніка" (для студентів-магістрів факультету інформатики).

Етапи добору змісту навчання з освітньої робототехніки у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики (за навчальними роками) подано на рис. 4.16:



Рис. 4.16. Етапи добору змісту навчання з освітньої робототехніки у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики

(Ресурс: власна розробка)

За результатами проведеного дослідження у 2018 році за участю автора цієї роботи було розроблено і введено в дію (у 2018-2019 н.р.) ОПП бакалаврського і магістерського рівнів "Середня освіта (інформатика) та робототехніка" для підготовки майбутніх учителів інформатики. Зокрема, крім кваліфікації вчителя інформатики закладу загальної середньої освіти студенти отримують додаткову кваліфікацію керівника гуртка робототехніки. У додатку В і Г наведено фрагменти розроблених освітньо-професійних програм.

За результатами добору змісту навчання освітньої робототехніки для майбутніх учителів інформатики визначено обов'язкові та вибіркові дисципліни, навчання за якими забезпечує опанування змісту навчання освітньої робототехніки. Зокрема, основними дисциплінами з робототехніки та освітньої робототехніки для студентів бакалаврського рівня вищої освіти належать:

- "Основи робототехніки" (обов'язковий пропедевтичний курс);
- дисципліни вибіркового блоку "Освітня робототехніка" ("Вступ до інтелектуальних робототехнічних систем", "Фізичні основи робототехніки",

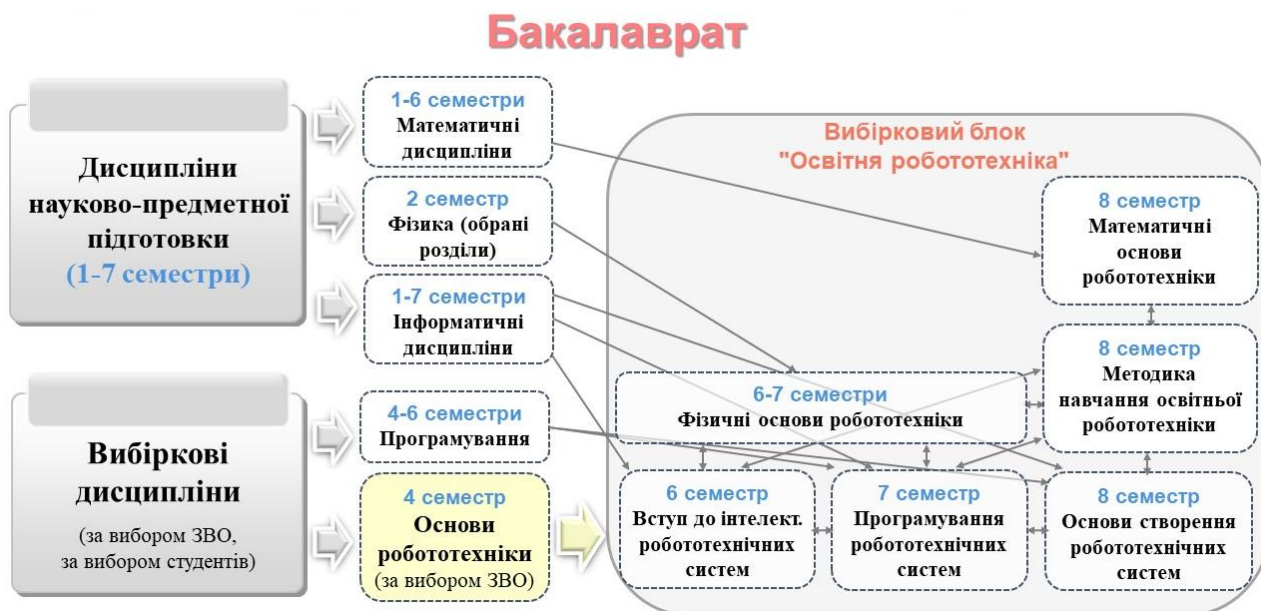


Рис. 4.18. Схема підготовки студентів-бакалаврів з освітньої робототехніки

(Ресурс: власна розробка)

В ОПІ для підготовки майбутніх учителів інформатики (для освітнього рівня "бакалавр"), які будуть навчати освітньої робототехніки, визначено такі загальні (ЗК) та фахові компетентності (ФК), що стосуються дисциплін вибіркового блоку "Освітня робототехніка" (фрагмент ОПІ наведено у додатку В):

ЗК1. Знання й розуміння предметної галузі; розуміння професійної діяльності.

ЗК2. Здатність застосовувати засвоєні знання, набуті уміння й навички в практичній та професійній діяльності; здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК4. Здатність до пошуку, опрацювання, аналізу та критичного оцінювання даних з різних джерел.

ЗК7. Здатність бути критичним і самокритичним.

ЗК8. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

ЗК9. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК14. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

- ФК1.** Наявність системи наукових знань із дисциплін фундаментальної та професійної підготовки предметної галузі "Інформатика".
- ФК2.** Володіння спеціальною професійною термінологією з предметної галузі "Інформатика", уміння її застосовувати та формувати відповідні навички її використання в учнів.
- ФК3.** Здатність використовувати знання з математики та фундаментальних наук для розв'язування прикладних задач, в тому числі із застосуванням ІКТ.
- ФК5.** Здатність демонструвати знання фактичного матеріалу шкільного курсу інформатики; володіння методикою навчання інформатики, в тому числі з використанням інноваційних технологій навчання.
- ФК6.** Здатність розв'язувати задачі з інформатики різного рівня складності, уміти пояснювати їх розв'язування учням.
- ФК9.** Здатність формувати в учнів ключові та предметні ІК-компетентності.
- ФК10.** Здатність оволодівати сучасними методиками й технологіями навчання та застосовувати їх в професійній діяльності.
- ФК12.** Виявляти готовність реалізовувати рівневу та профільну диференціацію навчання інформатики.
- ФК13.** Здатність здійснювати об'єктивний контроль і оцінювання рівня навчальних досягнень учнів з інформатики.
- ФК15.** Здатність до організації позакласної й позашкільної роботи з інформатики в закладах загальної середньої освіти.
- ФК16.** Здатність забезпечити здоров'язбереження учнів у навчально-виховному процесі та позаурочній діяльності.
- ФК17.** Здатність здійснювати педагогічний супровід процесів соціалізації та професійного самовизначення школярів.
- ФК27.** Наявність системи наукових знань із дисциплін фундаментальної та професійної підготовки галузі "Робототехніка", здатність їх використовувати в практичній та професійній діяльності.

ФК28. Володіння спеціальною професійною термінологією з освітньої робототехніки, уміння її застосовувати та формувати відповідні навички її використання в учнів.

ФК29. Здатність формувати в учнів відповідні навички та уміння з освітньої робототехніки, підтримувати належний рівень мотивації учнів до навчання робототехніки й суміжних дисциплін.

ФК30. Володіння уміннями проєктувати, планувати, організовувати та реалізовувати навчальний процес з освітньої робототехніки в закладах загальної середньої та позашкільної освіти.

ФК31. Володіння методикою навчання освітньої робототехніки в закладах загальної середньої та позашкільної освіти, в тому числі з використанням STEAM-орієнтованого підходу до навчання.

У таблиці 4.4 показано матрицю відповідності дисциплін з освітньої робототехніки визначеним програмним компетентностям в ОПШ для підготовки бакалаврів:

Таблиця 4.4

Матриця відповідності дисциплін з освітньої робототехніки програмним компетентностям, визначеним в ОПШ для підготовки бакалаврів

	ЗК1	ЗК2	ЗК4	ЗК7	ЗК8	ЗК9	ЗК14	ФК1	ФК2	ФК3	ФК5	ФК6	ФК9	ФК10	ФК12	ФК13	ФК15	ФК16	ФК17	ФК27	ФК28	ФК29	ФК30	ФК31	
Основи робототехніки	+							+	+		+									+	+	+			
Вступ до інтелектуальних робототехнічних систем																					+	+	+		+
Фізичні основи робототехніки																		+		+	+	+			
Програмування робототехнічних систем												+								+	+	+		+	
Математичні основи робототехніки										+		+								+	+	+			
Методика навчання ОР		+	+	+	+	+	+						+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	

(Ресурс: власна розробка)

З 2019-2020 навчального року студентам-бакалаврам пропонується вивчення вибіркової дисципліни "Основи інтернету речей" (у 8-му семестрі) – як логічне продовження курсів з робототехніки.

Для студентів магістерського рівня вищої освіти визначено такі основні дисципліни (модулі):

- дисципліни вибіркового блоку "Освітня робототехніка" ("Вступ до освітньої робототехніки", "Технології програмування робототехнічних систем", "Методика навчання робототехнічних систем");
- вибіркова дисципліна "Робототехніка та 3D технології";
- фізичні і математичні основи робототехніки магістрантами вивчаються як модулі обов'язкового курсу "Прикладна інформатика".

Фрагмент навчального плану підготовки магістрів подано на рис. 4.19.

Міністерство освіти і науки України
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова
Факультет інформатики

НАВЧАЛЬНИЙ ПЛАН

"ЗАТВЕРДЖЕНО"
НА ЗАСІДАННІ ВЧЕНОЇ РАДИ

Голова Вченої ради, ректор академік В.П. Андрущенко

" ____ " ____ 20 __ р.

підготовки: **Магістра**

галузь знань: **01 Освіта / Педагогіка**

спеціальність: **014.09 Середня освіта (Інформатика)**

освітньо-професійна програма: **Середня освіта (Інформатика)**

Форма навчання: **денна**
Освітній рівень: **магістр**
Термін навчання: **1 рік 4 місяці**

На базі: **освітнього ступеня "Бакалавр"**

Кваліфікація: **Магістр освіти (інформатика),
2310.2 Викладач інформатики закладу вищої освіти,
2320 Вчитель інформатики закладу загальної середньої освіти**

Додаткова кваліфікація за вибірконим блоком дисциплін:
3) 1229.6 Керівник гуртка робототехніки

ВВ	Дисципліни за вибором студентів			21	630	164	76			88	466			
ВВ1.3.	3) "Освітня робототехніка"			15	450	116	60			56	334			
ВВ1.3.01	Технології програмування робототехнічних систем	2		4	120	26	14			12	94		2	ІТІ
ВВ1.3.02	Проектування систем віртуальної та доповненої реальності навчального призначення		3	4	120	32	16			16	88		4	ІТІ
ВВ1.3.03	Методика навчання робототехнічних систем	3		4	120	32	16			16	88		4	ІТІ
ВВ1.3.04	Вступ до освітньої робототехніки		2	3	90	26	14			12	64		2	ІТІ

Рис. 4.19. Фрагмент навчального плану підготовки студентів-магістрів з освітньої робототехніки

(Ресурс: власна розробка)

Схему підготовки студентів-магістрів з освітньої робототехніки подано на рис. 4.20:

Магістратура

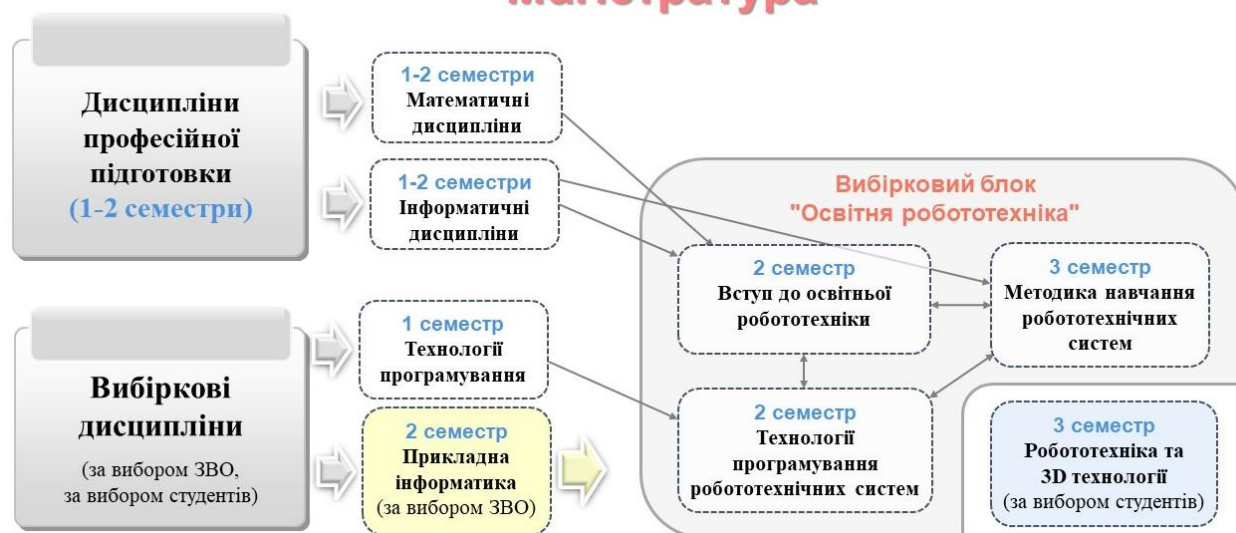


Рис. 4.20. Схема підготовки студентів-магістрів з освітньої робототехніки

(Ресурс: власна розробка)

В ОПП для підготовки майбутніх учителів інформатики (для освітнього рівня "магістр"), які будуть навчати освітньої робототехніки, визначено такі загальні (ЗК) і фахові компетентності (ФК), що стосуються дисциплін вибіркового блоку "Освітня робототехніка" (фрагмент ОПП наведено у додатку Г):

ЗК1. Знання й розуміння предметної галузі; розуміння професійної діяльності.

ЗК2. Здатність застосовувати засвоєні знання, набуті уміння й навички в практичній та професійній діяльності; здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК12. Здатність грамотно спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ФК1. Наявність системи наукових знань із дисциплін фундаментальної та професійної підготовки предметної галузі "Інформатика". Володіння спеціальною професійною термінологією з предметної галузі "Інформатика".

ФК2. Здатність застосовувати теоретичні знання, демонструвати розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, що стосуються інформатики та ІКТ, при вирішенні професійних завдань.

ФК3. Здатність демонструвати знання фундаментальних і прикладних розділів спеціальних дисциплін магістерської програми.

ФК6. Здатність оволодівати навичками використання сучасних ІКТ та застосовувати їх у практичній та професійній діяльності.

ФК7. Демонструвати знання фактичного матеріалу галузі "Інформатика" та ІКТ з урахуванням сучасних тенденцій їх розвитку, володіти методикою навчання інформатики, в тому числі з використанням інноваційних технологій навчання.

ФК10. Проводити методичний аналіз навчального матеріалу з інформатики та ІКТ, здійснювати його якісний добір для організації навчально-виховного процесу з урахуванням розвитку науки, ІКТ та психолого-педагогічної практики; уміння переоцінювати накопичений досвід та аналізувати власні можливості.

ФК12. Здатність проводити навчальні заняття з інформатики (за різними навчальними програмами) в закладах загальної середньої, професійної, професійно-технічної та вищої освіти, в тому числі з використанням сучасних підходів.

ФК20.1. Наявність системи наукових знань із дисциплін фундаментальної та професійної підготовки галузі "Робототехніка", здатність їх використовувати в практичній та професійній діяльності.

ФК20.2. Володіння спеціальною професійною термінологією з освітньої робототехніки, уміння її застосовувати та формувати відповідні навички її використання в учнів.

ФК20.3. Здатність формувати в учнів відповідні навички та уміння з освітньої робототехніки, підтримувати належний рівень мотивації учнів до навчання робототехніки й суміжних дисциплін.

ФК20.4. Володіння уміннями проєктувати, планувати, організовувати та реалізовувати навчальний процес з освітньої робототехніки в закладах загальної середньої та позашкільної освіти.

ФК20.5. Володіння методикою навчання освітньої робототехніки в закладах загальної середньої та позашкільної освіти, в тому числі з використанням STEAM-орієнтованого підходу до навчання.

У таблиці 4.5 показано матрицю відповідності дисциплін з освітньої робототехніки визначеним програмним компетентностям в ОПП для підготовки магістрів:

Таблиця 4.5

Матриця відповідності дисциплін з освітньої робототехніки програмним компетентностям, визначеним в ОПП для підготовки магістрів

	ЗК1	ЗК2	ЗК13	ФК1	ФК2	ФК3	ФК6	ФК7	ФК10	ФК12	ФК20.1	ФК20.2	ФК20.3	ФК20.4	ФК20.5
Прикладна інформатика	+	+	+	+	+	+	+		+		+				
Вступ до ОР											+		+	+	+
Технології програмування робототехнічних систем											+		+		+
Методика навчання робототехнічних систем												+	+	+	+
Робототехніка та 3D технології				+	+			+			+	+	+		+

(Ресурс: власна розробка)

З 2019-2020 навчального року студентам-магістрам пропонується вивчення вибіркової дисципліни "Інформаційні технології інтернету речей" (у 3-му семестрі) – як логічне продовження курсів з робототехніки.

До основних програмних результатів навчання за вибіркоким блоком дисциплін "Освітня робототехніка":

ПРН10. Здатність демонструвати глибокі фундаментальні знання з основних розділів освітньої робототехніки.

ПРН11. Знати концептуальні засади організації навчального процесу з освітньої робототехніки, цілі та завдання її навчання в закладах загальної середньої та позашкільної освіти.

ПРН12. Знати методику подання конкретних тем з освітньої робототехніки в закладах загальної середньої та позашкільної освіти.

ПРН23. Здатність планувати, організовувати та реалізовувати процес навчання учнів освітньої робототехніки, застосовувати сучасні методи навчання й форми організації навчально-пізнавальної діяльності учнів; обирати та застосовувати методичне і дидактичне забезпечення навчання освітньої робототехніки в закладах загальної середньої та позашкільної освіти.

ПРН24. Здатність до самостійного вивчення нових питань освітньої робототехніки та методики її навчання; інтегрування знань, здійснення аналізу й порівняння педагогічних технологій.

У процесі розробки змісту навчання освітньої робототехніки для майбутніх учителів інформатики нами розроблено навчально-методичне забезпечення відповідних дисциплін. Для підтримки навчання освітньої робототехніки розроблено навчальні електронні курси для дистанційного навчання ("Основи робототехніки" (<https://moodle.fi.npu.edu.ua/course/view.php?id=515>), "Вступ до освітньої робототехніки" (<https://moodle.fi.npu.edu.ua/course/view.php?id=564>), "Методика навчання освітньої робототехніки" (<https://moodle.fi.npu.edu.ua/course/view.php?id=516>), "Робототехніка та 3D технології" (<https://moodle.fi.npu.edu.ua/course/view.php?id=672>), структуру яких подано у п. 4.6.3.

Таким чином, враховуючи досвід підготовки студентів за розробленими освітніми і навчальними програмами, нами визначено основні дисципліни, необхідні для опанування змісту навчання з освітньої робототехніки майбутніми вчителями інформатики. Зокрема, до них належать:

- *"Основи робототехніки";*
- *"Фізичні основи робототехніки";*
- *"Програмування робототехнічних систем";*
- *"Математичні основи робототехніки";*
- *"Вступ до освітньої робототехніки";*

- *"Методика навчання освітньої робототехніки"*.

У таблиці 4.6 наведено зміст навчання кожної із зазначених дисциплін.

Опис основних дисциплін, необхідних для опанування змісту навчання освітньої робототехніки майбутніми вчителями інформатики

<i>Основи робототехніки</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Історія розвитку робототехніки. Сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі. Галузі застосування роботів. 2. Автоматизація та роботизація. Класифікація роботів. Маніпулятор-автомат-робот. Основи створення робототехнічних систем. 3. Сенсори, датчики. Їх призначення, класифікація і технічні характеристики. 4. Робототехнічні платформи. Їх характеристики. 5. Дрони, їх види і характеристики. 6. Поняття про мехатроніку та біомехатроніку. 7. Системи штучного інтелекту в робототехніці: машинний зір, машинне навчання. 8. Основи інтернету речей. Середовища для інтернету речей. 9. Поняття про "розумні пристрої". Принципи функціонування "розумний будинок".
<i>Фізичні основи робототехніки</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основи механіки. Прості механізми і механічні передачі (важіль, блок, похила площина, зубчасті передачі, пряма, поперечна, черв'ячна, пасова та ін.). Типи рухів та їх взаємоперетворення.

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Основи моделювання і конструювання. Міцні конструкції. Середовища для моделювання і симуляції механічних процесів (3D дизайнери, наприклад, Lego Digital Designer, MozaWeb, PhET Interactive Simulations). 3. Схемотехніка. Робота з електричними схемами. 4. Мікроелектроніка (резистори, транзистори, діоди, мікросхеми, принципи їх роботи). 5. Основи електротехніки. Робота з датчиками (аналогові, дискретні сигнали). 6. Робота з мікроконтролерами. Контролери (Arduino, Raspberry Pi, BrainPad, Micro bit і т.д.). Аналогові, цифрові сигнали. 7. Сенсори, дисплеї, мотори (серво, крокові), процесори, піни, широтно-імпульсна модуляція, протоколи I2C, SPI, UART. 8. Онлайн середовища для створення схем (TinkerCad, Fritzing). 9. Основи мехатроніки. Мехатронні модулі руху. Керування в мехатронних системах і промислових роботах.
<p><i>Програмування робототехнічних систем</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Особливості програмування робототехнічних платформ і конструкторів. 2. Огляд середовищ програмування для різних робототехнічних платформ. 3. Онлайн середовища для програмування робототехнічних платформ (MakeCode Microsoft: MicroBit BBC, BrainPad; TinkerCad; Mind+, MakeBlock та ін.). 4. Програмування робототехнічних платформ Arduino IDE.

	<p>5. Програмування датчиків (відстані, світла, руху, температури, вологості та ін.).</p> <p>6. Навчальні проекти: програмування світлофора, сигналізації, робота з резисторами, датчиком освітлення, сервоприводом; NFC-мітки та ін.</p> <p>7. Програмування руху робототехнічних пристроїв (рух по прямій, круговий рух, рух по кривій та ін.).</p> <p>8. Основи програмування мобільних додатків для робототехнічних систем.</p>
<i>Математичні основи робототехніки</i>	<p>1. Геометричні основи робототехніки. Рівняння руху. Простір мобільного робота. Рух робота на колесах.</p> <p>2. Алгебра і тригонометрія в робототехніці. Маніпулятори. Рухи робототехнічного маніпулятора.</p> <p>3. Сигнали. Структура потоків даних. Види фільтрів даних.</p> <p>4. Графи, карти, шлях. Визначення шляхів руху робота.</p> <p>5. Інтелектуальні системи і методи мінімізації.</p>
<i>Вступ до освітньої робототехніки</i>	<p>1. Виникнення та розвиток STEAM-освіти. Її зв'язок з робототехнікою.</p> <p>2. Освітня робототехніка як напрям розвитку STEAM-освіти. Професії майбутнього в робототехнічній галузі.</p>

	<p>3. Освітня робототехніка та рішення для неї: робототехнічні конструктори, їх характеристики. Добір робототехнічних рішень для освіти відповідно віковим особливостям учнів.</p> <p>4. Огляд візуальних середовищ програмування для освітньої робототехніки.</p> <p>5. Навчальні робототехнічні проекти з використанням різних робототехнічних платформ і конструкторів (Lego, RoboRobo, MakeBlock, Codey Rocky, Jimu, DFRobot та ін.).</p> <p>6. Навчальні робототехнічні проекти з використанням платформи Arduino.</p> <p>7. Основи мейкерства для освітньої робототехніки (DIY).</p> <p>8. Використання неформальної освіти для навчання освітньої робототехніки (олімпіади, конкурси, хакатони, майстер-класи). Ресурси неформальної освіти з освітньої робототехніки (МООС, соціальні медіа – відеоканали, тематичні групи соціальних мереж та ін.).</p> <p>9. Змагальна робототехніка. Навчальний проект зі створення рухомого робота для змагання з елементами мейкерства.</p>
<p>Методика навчання освітньої робототехніки</p>	<p>1. Освітня робототехніка як напрям розвитку STEAM-освіти.</p> <p>2. Освітня робототехніка як навчальний предмет, факультатив, гурток. Структура і зміст навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти.</p>

	<ol style="list-style-type: none">3. Особливості навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти.4. Методична система навчання освітньої робототехніки в закладах освіти.5. Планування навчального процесу з освітньої робототехніки.6. Принципи, методи і засоби навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем.7. Форми організації навчальної діяльності учнів з освітньої робототехніки.8. Перевірка та оцінювання результатів навчальної діяльності з освітньої робототехніки.9.Методика навчання окремих тем з освітньої робототехніки та робототехнічних систем.
--	--

(Ресурс: власна розробка)

Досвід навчання студентів за дисциплінами вибіркового блоку "Освітня робототехніка" протягом 2018-2020 рр. показав, що підготовка за розробленими програмами дисциплін блоку не тільки забезпечує засвоєння студентами відповідних знань з освітньої робототехніки (вступ до робототехніки, базові робототехнічні моделі, проектування та конструювання робіт, програмування робототехнічних платформ, середовища для програмування робототехнічних платформ, організація випробувань готових конструкцій робіт (тестування робіт) та ін.), а й сприяє формуванню в них відповідних фахових компетентностей з освітньої робототехніки.

Таким чином, модернізація змісту навчання у процесі професійної підготовки майбутніх учителів інформатики, його узгодження із найновішими досягненнями сучасної науки, ІКТ і цифрових технологій дозволить удосконалити процес підготовки висококваліфікованих педагогічних кадрів, сприятиме формуванню у студентів значущих особистісних професійних якостей майбутнього вчителя і науковця, а також забезпечує їх неперервний розвиток, професійне та особистісне самовдосконалення.

Для уточнення змісту і шляхів підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки важливим є відслідковування трендів у галузі розвитку прикладної та освітньої робототехніки.

4.6.2. Структура і зміст навчання дисципліни "Основи робототехніки"

Дисципліна "Основи робототехніки" призначена для підготовки бакалаврів педагогічних закладів вищої освіти, які навчаються за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)"

Навчальна програма курсу "Основи робототехніки" складена відповідно до затвердженої на факультеті інформатики НПУ імені М.П. Драгоманова освітньо-професійної програми підготовки фахівців освітнього рівня

"бакалавр", галузі знань "01 Освіта / Педагогіка", спеціальності 014.09 "Середня освіта (інформатика)".

Курс з основ робототехніки є одним з провідних курсів професійної підготовки майбутнього вчителя інформатики, який буде навчати освітньої робототехніки та робототехнічних систем. Популярність робототехніки як освітнього тренду пов'язана з сучасним етапом розвитку науки й техніки, який характеризується розширенням сфери використання робототехнічних пристроїв і систем, а також поширенням робототехніки взагалі.

Підготовка студентів, майбутніх учителів інформатики, до навчання освітньої робототехніки в закладах освіти пов'язана з бурхливим розвитком робототехнічної галузі, в тому числі з появою нових професій у галузі робототехніки.

Предметом навчання дисципліни "Основи робототехніки" є ознайомлення студентів з сучасним станом розвитку робототехніки як прикладної галузі і основними поняття, пов'язаними з робототехнікою.

Міждисциплінарні зв'язки дисципліни "Основи робототехніки". Одним із важливих компонентів програми є міждисциплінарне узгодження. Даний курс розрахований на студентів, які опанували фундаментальні інформатичні, методичні та психолого-педагогічні дисципліни ("Вибрані питання фізики", "Програмування", математичні дисципліни тощо), а також "Основи 3D технологій".

Метою навчання дисципліни "Основи робототехніки" є:

- оволодіння студентами понятійно-термінологічною базою з робототехніки та робототехнічних систем;
- формування умінь, навичок та відповідних компетентностей у галузі проектування, конструювання, реалізації робототехнічних систем.

Завдання дисципліни "Основи робототехніки". Для досягнення мети навчання курсу в процесі навчання слід вирішити такі завдання:

- розкрити місце і значення дисципліни в системі загальної та професійної освіти;
- з'ясувати взаємозв'язки курсу з іншими навчальними дисциплінами; з шкільними курсами інформатики, фізики, технологій, STEAM-предметами; науково-технічними досягненнями робототехніки як прикладної галузі;
- сформуванати у майбутнього вчителя інформатики, який буде навчати освітньої робототехніки, знання, вміння, навички й компетентності, необхідні для роботи з робототехнічними системами в різних умовах технічного та програмно-методичного забезпечення;
- забезпечити знання й вміння майбутніх вчителів щодо:
 - сучасного стану розвитку робототехніки як прикладної галузі, галузей застосування роботів;
 - класифікації роботів та основ створення робототехнічних систем;
 - призначення, класифікація і технічні характеристики різноманітних сенсорів і датчиків;
 - використання систем штучного інтелекту в робототехніці.
- сформуванати знання та вміння щодо роботи з поширеними сенсорами і датчиками, робототехнічними платформами;
- створити сприятливі умови для розвитку в студентів прагнення до наукового пошуку шляхів удосконалювання своєї роботи, активізації їх пізнавальної діяльності, творчої активності, самостійного дослідницького характеру пошуку нових знань, мотивації до неперервного саморозвитку у галузі робототехніки.

Знання студентів. У результаті навчання даного курсу студенти засвоюють необхідні знання про:

- сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі та освітнього тренду в Україні та світі;
- основи створення робототехнічних систем;

- особливості навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти;
- робототехнічні платформи та їх характеристики;
- використання систем штучного інтелекту в робототехніці.

Вміння студентів. В результаті навчання дисципліни "Основи робототехніки" у студентів формуються уміння:

- працювати з різними сенсорами, датчиками, робототехнічними платформами;
- програмувати робототехнічні платформи;
- працювати з робототехнічними системами з елементами штучного інтелекту (машинний зір);
- налаштовувати найпростіші "розумні пристрої", організовувати для них екосистему на основі інтернету речей.

Компетентності студентів. У результаті навчання даного курсу студенти у студентів формуються компетентності у галузі побудови найпростіших робототехнічних систем.

Методичні рекомендації

У процесі навчання дисципліни "Основи робототехніки" передбачаються лекційні та лабораторні заняття. Загальна кількість годин для вивчення даного курсу в педагогічному університеті для студентів *денної форми навчання* складає **90** годин (**3 кредити ЄКТС**), з них **34** аудиторних: **16** год. – лекційні заняття, **18** год. – лабораторні роботи, які проводяться у 3 семестрі. Значна увага приділяється також самостійній роботі студентів – **56** годин. Самостійна робота полягає у підготовці студентів до аудиторних занять, виконанні завдань, що пропонуються на лекційних і практичних заняттях, опрацюванні спеціальної літератури для підготовки питань, що винесено на самостійне опрацювання, у підготовці до модульного контролю, роботі з електронним

навчальним курсом, самостійній роботі з використанням робототехнічних систем.

Навчання курсу забезпечується використанням навчально-методичної літератури, перелік якої додається, розробленими завданнями та інструкціями до лабораторних робіт, відповідними технічними засобами навчання та програмним забезпеченням.

Для комп'ютерної підтримки навчання дисципліни "Основи робототехніки" розроблено і впроваджено у навчальний процес дистанційний курс "Основи робототехніки" в системі дистанційного навчання Moodle (<http://www.moodle.fi.npu.edu.ua>). У дистанційному курсі розміщено теоретичні відомості у вигляді електронних лекцій та презентацій, запитання для самоконтролю, завдання для лабораторних робіт, тестові завдання як засоби для самоконтролю і контролю засвоєних знань, набутих умінь і навичок, глосарії, додаткові ресурси у вигляді анкет, довідкових відомостей тощо.

У лекційному курсі передбачається розкрити мету і завдання навчання дисципліни "Основи робототехніки", її основні поняття та методи, їх теоретичне та прикладне значення; узгоджувати зміст лекцій з вже вивченими раніше відомостями з інформатики, математики, фізики.

На лабораторних заняттях передбачається навчання розв'язування задач прикладного характеру з використанням робототехнічних систем. Виконання лабораторних робіт студенти повинні здійснювати самостійно, у зручний для них час. На лабораторному занятті студенти здають відповідні роботи у вигляді захисту.

Підготовку до поточних тестів та їх здачу студенти здійснюють самостійно у зручний для них час. Підсумкові тести для захисту відповідних модулів студенти виконують в аудиторії, в присутності викладача, або демонструють результати виконання в онлайн режимі.

На консультаціях зі студентами обговорюються і з'ясовуються проблемні питання тестових, індивідуальних завдань до лабораторних робіт, незрозумілі їм теоретичні питання.

Конкретний зміст навчання окремих розділів, перелік питань та їх послідовність можуть варіюватися відповідно до конкретних умов перебігу навчального процесу, його організаційно-технічного і науково-методичного забезпечення. Окремі питання запропоновано студентам для самостійного опрацювання. Самостійна робота студентів має дві складові: самостійна підготовка до аудиторних занять та підготовка до модульного контролю.

За результатами виконання лабораторних робіт, складання тестів, виконання додаткових завдань, винесених на самостійне опрацювання, розв'язування задач підвищеної складності, виступів з цікавими науковими повідомленнями, вивчення та презентації нових програмних продуктів, активності під час лекційних і лабораторних занять студент має набрати певну кількість балів.

Тематичний план

Розподіл навчальних годин за розділами та видами занять

№ з/п	Назви модулів і тем	Кількість годин (денна форма навчання)				Кількість годин (заочна (вечірня) форма навчання)			
		Аудиторні	Лекції	Лаборатор.	СРС	Аудиторні	Лекції	Лаборатор.	СРС
Модуль 1. Сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі									
1.	Тема 1. Історія розвитку робототехніки. Сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі. Галузі застосування роботів		2						9

№ з/п	Назви модулів і тем	Кількість годин (денна форма навчання)				Кількість годин (заочна (вечірня) форма навчання)			
		Аудиторні	Лекції	Лаборатор.	СРС	Аудиторні	Лекції	Лаборатор.	СРС
2.	Тема 2. Автоматизація та роботизація. Класифікація роботів. Маніпулятор-автомат-робот. Основи створення робототехнічних систем	4	2	2	4				9
3.	Тема 3. Сенсори, датчики. Їх призначення, класифікація і технічні характеристики	3	1	2	6		1	2	8
4.	Тема 4. Робототехнічні платформи. Їх характеристики	3	1	2	8		1	2	9
5.	Тема 5. Дрони, їх види і характеристики	4	2	2	6				9
6.	Тема 6. Поняття про мехатроніку та біомехатроніку	4	2	2	6				9
<i>Всього за модулем 1:</i>		22	10	12	30	6	2	4	53
Модуль 2. Перспективні напрями розвитку робототехніки									
7.	Тема 6. Системи штучного інтелекту в робототехніці: машинний зір, машинне навчання	4	2	2	8	3	1	2	9
8.	Тема 7. Основи інтернету речей. Середовища для інтернету речей	4	2	2	8	1	1		9
9.	Тема 8. Поняття про "розумні пристрої". Принципи функціонування "розумний будинок"	4	2	2	10				9
<i>Всього за модулем 2:</i>		12	6	6	26	4	2	2	27
Всього годин:		34	16	18	56	10	4	6	80

Зміст навчання курсу

Зміст навчання курсу "Основи робототехніки" подано у вигляді двох модулів. До кожного модуля наведено відповідні теми та анотації до них, а також перелік основних понять, які студенти повинні **знати**, та основних **вмінь**, якими вони повинні володіти після вивчення відповідної теми.

МОДУЛЬ 1. СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ РОБОТОТЕХНІКИ ЯК ПРИКЛАДНОЇ ГАЛУЗІ

Тема 1. Історія розвитку робототехніки. Сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі. Галузі застосування роботів

Історія розвитку робототехніки. Робототехніка як прикладна галузь. Дослідження Всесвітнього економічного форуму про стан розвитку робототехнічної галузі. Тенденції розвитку майбутніх професій у галузі робототехніки. Робототехніка як сучасний освітній тренд в Україні та світі. Галузі використання роботів.

***Основні поняття:** робот, робототехніка, майбутні професії в галузі робототехніки.*

***Основні вміння:** аналізувати сучасний стан розвитку робототехнічної та прикладної галузі, відслідковувати тенденції розвитку технотрендів.*

Тема 2. Основи створення робототехнічних систем

Автоматизація та роботизація. Класифікація роботів. Маніпулятор-автомат-робот. Основи створення робототехнічних систем.

***Основні поняття:** автоматизація, роботизація, види роботів, маніпулятор, автомат, робот.*

***Основні вміння:** класифікувати роботів і робототехнічні системи; аналізувати галузі застосування роботів.*

Тема 3. Сенсори, датчики.

Сенсори, датчики. Їх призначення, класифікація і технічні характеристики. Основи роботи з датчиками вологості, освітленості, температури, руху, кольору, відстані, світла). Принципи програмування сенсорів і датчиків.

***Основні поняття:** сенсор, датчик.*

***Основні вміння:** уміти програмувати сенсори і датчики.*

Тема 4. Робототехнічні платформи. Їх характеристики

Робототехнічні платформи. Їх класифікація і характеристики. Робота з мікроконтролерами. Контролери (Arduino, Raspberry Pi, Brain Pad, Micro bit). Аналогові, цифрові сигнали. Онлайн середовища для створення схем (TinkerCad, Fritzing). Особливості програмування робототехнічних платформ і конструкторів.

***Основні поняття:** робототехнічна платформа, контролер.*

***Основні вміння:** уміти програмувати робототехнічні платформи.*

Тема 5. Дрони, їх види і характеристики

Дрони, квадрокоптери, їх види, класифікація і характеристики. Особливості програмування дронів.

***Основні поняття:** дрон, квадрокоптер.*

***Основні вміння:** уміти працювати з найпростішими дронами.*

Тема 6. Поняття про мехатроніку та біомехатроніку

Історія становлення мехатроніки. Поняття про мехатроніку. Особливості мехатронних систем. Мобільна робототехніка. Перспективи розвитку біомехатроніки.

***Основні поняття:** мехатроніка, біомехатроніка.*

***Основні вміння:** аналізувати мехатронні системи.*

МОДУЛЬ 2. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ РОБОТОТЕХНІКИ

Тема 7. Системи штучного інтелекту в робототехніці.

Поняття про штучний інтелект. Системи штучного інтелекту в робототехніці: машинний зір, машинне навчання. Принципи і алгоритми роботи з ними.

Основні поняття: штучний інтелект, машинне навчання, машинний зір.

Основні вміння: працювати з робототехнічними системами з вбудованим машинним зором.

Тема 8. Основи інтернету речей. Середовища для інтернету речей

Поняття про інтернет речей. Характеристика сучасних технологій на основі інтернету речей. Середовища для інтернету речей. Особливості роботи з ними.

Основні поняття: інтернет речей, середовища інтернету речей.

Основні вміння: аналізувати стан розвитку інтернету речей, працювати з середовищами інтернету речей.

Тема 9. Поняття про "розумні пристрої". Принципи функціонування "розумного будинку".

"Розумні пристрої". Їх види, характеристики. Програмування "розумних пристроїв". "Розумний будинок" з елементами штучного інтелекту.

Основні поняття: "розумний пристрій", "розумний будинок".

Основні вміння: програмувати найпростіші "розумні пристрої".

ПИТАННЯ, ВИНЕСЕНІ НА САМОСТІЙНЕ ОПРАЦЮВАННЯ СТУДЕНТІВ

1. Схемотехніка. Робота з електричними схемами.
2. Онлайн середовища для створення схем (TinkerCad, Fritzing).
3. Основи моделювання і конструювання робототехнічних систем.
4. Програмування робототехнічних платформ Arduino IDE.
5. Програмування руху робототехнічних пристроїв (рух по прямій, круговий рух, рух по кривій та ін.).
6. Системи штучного інтелекту.

ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1. Конструювання робота.
2. Програмування сенсорів і датчиків.
3. Програмування робототехнічних платформ.
4. Програмування руху роботів.
5. Програмування "розумних пристроїв".

ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК ЗАПИТАНЬ, ВИНЕСЕНИХ НА ЕКЗАМЕН

1. Історія розвитку робототехніки.
2. Робототехніка як прикладна галузь.
3. Сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі.
4. Тенденції розвитку майбутніх професій у галузі робототехніки.
5. Галузі використання роботів.
6. Автоматизація та роботизація.
7. Класифікація роботів. Маніпулятор-автомат-робот.
8. Основи створення робототехнічних систем.
9. Сенсори, датчики. Їх призначення, класифікація і технічні характеристики.
10. Принципи програмування сенсорів і датчиків.
11. Робототехнічні платформи. Їх класифікація і характеристики.
12. Робота з мікроконтролерами. Контролери (Arduino, Raspberry Pi, Brain Pad, Micro bit). Аналогові, цифрові сигнали.

- 13.Онлайн середовища для створення схем (TinkerCad, Fritzing).
- 14.Особливості програмування робототехнічних платформ і конструкторів.
- 15.Дрони, квадрокоптери, їх види, класифікація і характеристики.
- 16.Особливості програмування дронів.
- 17.Історія становлення мехатроніки.
- 18.Поняття про мехатроніку. Особливості мехатронних систем.
- 19.Мобільна робототехніка. Перспективи розвитку біомехатроніки.
20. Системи штучного інтелекту в робототехніці: машинний зір, машинне навчання. Принципи і алгоритми роботи з ними.
- 21.Поняття про інтернет речей. Характеристика сучасних технологій на основі інтернету речей.
- 22.Середовища для інтернету речей. Особливості роботи з ними.
- 23."Розумні пристрої". Їх види, характеристики.
- 24.Програмування "розумних пристроїв".
- 25."Розумний будинок" з елементами штучного інтелекту.

4.6.3. Структура і зміст навчання дисципліни "Методика навчання робототехнічних систем"

Дисципліна "Методика навчання робототехнічних систем" призначена для підготовки магістрів педагогічних закладів вищої освіти, які навчаються за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)" з вибіркоким блоком дисциплін "Освітня робототехніка".

Навчальна програма курсу "Методика навчання робототехнічних систем" складена відповідно до затвердженої на факультеті інформатики НПУ імені М.П. Драгоманова освітньо-професійної програми підготовки фахівців освітнього рівня "*магістр*", галузі знань "*01 Освіта / Педагогіка*", спеціальності *014.09 "Середня освіта (інформатика)"*.

Курс методики навчання робототехнічних систем є одним з провідних курсів професійної підготовки майбутнього вчителя інформатики, який буде навчати освітньої робототехніки та робототехнічних систем. Популярність робототехніки як освітнього тренду пов'язана з сучасним етапом розвитку науки й техніки, який характеризується розширенням сфери використання робототехнічних пристроїв і систем, а також поширенням робототехніки взагалі.

Підготовка студентів, майбутніх учителів інформатики, до навчання освітньої робототехніки в закладах освіти пов'язана з нагальною потребою до залучення сучасної молоді до конструювання, програмування та використання робототехнічних систем, в тому числі у зв'язку з появою нових професій у галузі робототехніки.

Предметом навчання дисципліни **"Методика навчання робототехнічних систем"** є проєктування, конструювання, реалізація (впровадження в педагогічну практику), аналіз (педагогічний експеримент) і розвиток методичних систем навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем.

Міждисциплінарні зв'язки дисципліни **"Методика навчання робототехнічних систем"**. Одним із важливих компонентів програми є міждисциплінарне узгодження. Даний курс розрахований на студентів, які опанували фундаментальні інформатичні, методичні та психолого-педагогічні дисципліни ("Основи штучного інтелекту", "Технології програмування", "Прикладна інформатика", "Методика навчання інформатики у закладах освіти", "Психологія", "Педагогіка", "Педагогіка та психологія вищої школи" тощо), а також базові дисципліни блоку "Освітня робототехніка" ("Вступ до освітньої робототехніки", "Технології програмування робототехнічних систем", "Робототехніка та 3D технології" тощо).

Метою навчання дисципліни **"Методика навчання робототехнічних систем"** є:

- оволодіння студентами понятійно-термінологічною базою з методики навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем;
- формування умінь, навичок та відповідних компетентностей у галузі проектування, конструювання, реалізації та розвитку методичних систем навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем.

Завдання дисципліни "Методика навчання робототехнічних систем".

Для досягнення мети навчання курсу в процесі навчання слід вирішити такі завдання:

- розкрити місце і значення дисципліни в системі загальної та професійної освіти; психолого-педагогічні аспекти засвоєння предмету;
- з'ясувати взаємозв'язки курсу з іншими навчальними дисциплінами; з шкільними курсами інформатики, фізики, технологій, STEAM-предметами; науково-технічними досягненнями робототехніки як прикладної галузі;
- сформувати у майбутнього вчителя інформатики, який буде навчати освітньої робототехніки, знання, вміння, навички й компетентності, необхідні для творчого навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти в різних умовах технічного та програмно-методичного забезпечення;
- забезпечити знання й вміння майбутніх вчителів щодо:
 - аналізу існуючих навчальних програм з освітньої робототехніки, робототехнічних систем та відповідних посібників;
 - тематичного планування навчального процесу освітньої робототехніки;
 - розроблення методики проведення уроків різних типів;
 - добору методів, форм та засобів навчання;
 - використання нових педагогічних технологій навчання;
- сформувати знання та вміння щодо організації і проведення методичного експерименту; самостійного аналізу процесу навчання, дослідження методичних проблем і психолого-педагогічних ситуацій;

- розвинути здатність і відчуття необхідності до постійної самоосвіти і самовдосконалення, наукового пошуку шляхів удосконалення процесу навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем;
- підготувати майбутнього вчителя до організації різних форм робіт з учнів, в тому числі до підготовки й проведення олімпіад, конкурсів, змагань з робототехніки; до управління науково-дослідницькою діяльністю учнів та їх підготовки до створення прикладних проектів на основі робототехнічних систем, написання конкурсних робіт з робототехніки тощо;
- створити сприятливі умови для розвитку в студентів прагнення до наукового пошуку шляхів удосконалювання своєї роботи, активізації їх пізнавальної діяльності, творчої активності, самостійного дослідницького характеру пошуку нових знань.

Знання студентів. У результаті навчання даного курсу студенти засвоюють необхідні знання про:

- сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі та освітнього тренду в Україні та світі;
- мету і завдання навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти;
- особливості навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти;
- принципи, методи і засоби навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем;
- робототехнічні рішення для освіти та специфіку їх використання для різних вікових категорій;
- форми організації навчальної діяльності учнів з освітньої робототехніки;
- методики навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти.

Вміння студентів. В результаті навчання дисципліни "Методика навчання робототехнічних систем" у студентів формуються уміння:

- планувати навчальний процес з освітньої робототехніки та робототехнічних систем;
- розроблювати та проводити уроки з освітньої робототехніки та робототехнічних систем; готувати відповідні навчально-методичні матеріали; проводити аналіз проведених уроків;
- добирати форми, методи і засоби контролю навчальної діяльності учнів;
- організовувати самостійну роботу учнів, їх підготовку до участі в олімпіадах, конкурсах, змаганнях з робототехніки.

Компетентності студентів. У результаті навчання даного курсу студенти у студентів формуються компетентності у галузі:

- планування навчального процесу з освітньої робототехніки та робототехнічних систем;
- добору форм, методів і засобів навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем для різних вікових категорій в закладах освіти різних типів;
- побудови та розвитку методичних систем навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти.

Методичні рекомендації

У процесі навчання дисципліни "Методика навчання робототехнічних систем" передбачаються лекційні та лабораторні заняття. Загальна кількість годин для вивчення даного курсу в педагогічному університеті для студентів *денної форми навчання* складає **120** годин (**4** кредити ЄКТС), з них **32** аудиторних: **16** год. – лекційні заняття, **16** год. – лабораторні роботи, які проводяться у 3 семестрі. Значна увага приділяється також самостійній роботі студентів – **88** годин. Самостійна робота полягає у підготовці студентів до аудиторних занять, виконанні завдань, що пропонуються на лекційних і

практичних заняттях, опрацюванні спеціальної літератури для підготовки питань, що винесено на самостійне опрацювання, у підготовці до модульного контролю, роботі з електронним навчальним курсом, підготовці проєктів з використанням робототехнічних систем.

Навчання курсу забезпечується використанням навчально-методичної літератури, перелік якої додається, розробленими завданнями та інструкціями до лабораторних робіт, відповідними технічними засобами навчання та програмним забезпеченням.

Для комп'ютерної підтримки навчання дисципліни "Методика навчання робототехнічних систем" розроблено і впроваджено у навчальний процес дистанційний курс "Методика навчання робототехнічних систем" в системі дистанційного навчання Moodle (<http://www.moodle.fi.npu.edu.ua>). У дистанційному курсі розміщено теоретичні відомості у вигляді електронних лекцій та презентацій, запитання для самоконтролю, завдання для лабораторних робіт, тестові завдання як засоби для самоконтролю і контролю засвоєних знань, набутих умінь і навичок, глосарії, додаткові ресурси у вигляді анкет, довідкових відомостей тощо.

У лекційному курсі передбачається розкрити мету і завдання навчання дисципліни "Методика навчання робототехнічних систем", її основні поняття та методи, їх теоретичне та прикладне значення; узгоджувати зміст лекцій з вже вивченими раніше відомостями з інформатики, математики, фізики, освітньої робототехніки, методики навчання інформатики, а також розкривати зв'язок навчального матеріалу з матеріалом шкільного курсу інформатики, фізики, математики.

На лабораторних заняттях передбачається навчання розв'язування задач прикладного характеру з використанням робототехнічних систем. Виконання лабораторних робіт студенти повинні здійснювати самостійно, у зручний для них час. На лабораторному занятті студенти здають відповідні роботи у вигляді захисту.

Підготовку до поточних тестів та їх здачу студенти здійснюють самостійно у зручний для них час. Підсумкові тести для захисту відповідних модулів студенти виконують в аудиторії, в присутності викладача.

На консультаціях зі студентами обговорюються і з'ясовуються проблемні питання тестових, індивідуальних завдань до лабораторних робіт, незрозумілі їм теоретичні питання.

Конкретний зміст навчання окремих розділів, перелік питань та їх послідовність можуть варіюватися відповідно до конкретних умов перебігу навчального процесу, його організаційно-технічного і науково-методичного забезпечення. Окремі питання запропоновано студентам для самостійного опрацювання. Самостійна робота студентів має дві складові: самостійна підготовка до аудиторних занять та підготовка до модульного контролю.

За результатами виконання лабораторних робіт, складання тестів, виконання додаткових завдань, винесених на самостійне опрацювання, розв'язування задач підвищеної складності, виступів з цікавими науковими повідомленнями, вивчення та презентації нових програмних продуктів, активності під час лекційних і лабораторних занять студент має набрати певну кількість балів.

Тематичний план

Розподіл навчальних годин за розділами та видами занять

№ з/п	Назви модулів і тем	Кількість годин (денна форма навчання)				Кількість годин (заочна (вечірня) форма навчання)			
		Аудиторні	Лекції	Лаборатор.	СРС	Аудиторні	Лекції	Лаборатор.	СРС
Модуль 1. Теоретичні основи навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти									
10.	Тема 1. Сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі та освітнього тренду в Україні та світі	2	2		8				12
11.	Тема 2. Освітня робототехніка як сучасний напрям розвитку STEM-освіти	4	2	2	8				14
12.	Тема 3. Особливості навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти	4	2	2	8	2	2		10
13.	Тема 4. Методична система навчання освітньої робототехніки в закладах освіти	2	2		8				12
14.	Тема 5. Планування навчального процесу з освітньої робототехніки	4	2	2	12	4	2	2	10
Всього за модулем 1:		16	10	6	44	6	4	2	58
Модуль 2. Методичні основи навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти									
15.	Тема 6. Принципи, методи і засоби навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем	4	2	2	10	2		2	12
16.	Тема 7. Форми організації навчальної діяльності учнів з освітньої робототехніки	6	2	4	8	4	2	2	10

№ з/п	Назви модулів і тем	Кількість годин (денна форма навчання)				Кількість годин (заочна (вечірня) форма навчання)			
		Аудиторні	Лекції	Лаборатор.	СРС	Аудиторні	Лекції	Лаборатор.	СРС
17.	Тема 8. Перевірка та оцінювання результатів навчання освітньої робототехніки	2		2	8				12
18.	Тема 9. Методика навчання окремих тем з освітньої робототехніки та робототехнічних систем	4	2	2	18				16
<i>Всього за модулем 2:</i>		16	6	10	44	6	2	4	50
Всього годин:		32	16	16	88	12	6	6	108

Зміст навчання курсу

Зміст навчання курсу "Методика навчання робототехнічних систем" подано у вигляді двох модулів. До кожного модуля наведено відповідні теми та анотації до них, а також перелік основних понять, які студенти повинні знати, та основних **вмінь**, якими вони повинні володіти після вивчення відповідної теми.

МОДУЛЬ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ НАВЧАННЯ ОСВІТНЬОЇ РОБОТОТЕХНІКИ ТА РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

Тема 1. Сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі та освітнього тренду в Україні та світі

Робототехніка як прикладна галузь. Дослідження Всесвітнього економічного форуму про стан розвитку робототехнічної галузі. Тенденції розвитку майбутніх професій у галузі робототехніки. Робототехніка як сучасний освітній тренд в Україні та світі.

***Основні поняття:** робот, робототехніка, майбутні професії в галузі робототехніки, освітня робототехніка.*

***Основні вміння:** аналізувати сучасний стан розвитку робототехнічної та прикладної галузі, відслідковувати тенденції розвитку освітніх ІКТ трендів.*

Тема 2. Освітня робототехніка як сучасний напрям розвитку STEAM-освіти

Поняття про STEAM-освіту. Її складові. Концепція STEAM-освіти. Стан її розвитку в Україні. STEAM-урок. Особливості його проведення. Освітня робототехніка та 3D технології як складові STEAM-освіти. Використання освітньої робототехніки у процесі навчання STEAM-предметів. STEAM-проекти, пов'язані з використанням робототехнічних систем. Зарубіжний досвід навчання освітньої робототехніки.

***Основні поняття:** STEAM-освіта, STEAM-предмет, STEAM-урок, STEAM-проект, освітня робототехніка, 3D технології.*

***Основні вміння:** аналізувати зарубіжний досвід розвитку освітніх ІКТ трендів, вміти добирати методи, форми та засоби для проведення STEAM-уроків відповідно до мети; вміти розробляти STEAM-проекти, пов'язані з використанням робототехнічних систем, та організовувати їх реалізацію.*

Тема 3. Особливості навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти

Освітня робототехніка як навчальний предмет. Форми її навчання. Факультативи, гуртки з освітньої робототехніки в закладах шкільної та позашкільної освіти. Особливості навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти.

***Основні поняття:** освітня робототехніка, варіативна дисципліна, факультатив, гурток, заклад освіти.*

Основні вміння: аналізувати умови для добору педагогічно виваженої форми навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти; визначати особливості навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти.

Тема 4. Методична система навчання освітньої робототехніки в закладах освіти

Аналіз методичної системи навчання освітньої робототехніки. Мета та завдання впровадження освітньої робототехніки в навчальний процес закладів освіти.

Основні поняття: освітня робототехніка, методична система навчання, компоненти методичної системи навчання.

Основні вміння: визначати мету та завдання навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти в залежності від форми її навчання (навчальний предмет, факультатив та/або гурток); аналізувати компоненти методичної системи навчання освітньої робототехніки.

Тема 5. Планування навчального процесу з освітньої робототехніки

Планування навчального процесу для різних форм навчання освітньої робототехніки (як вибіркового предмету, як факультативу, як гуртка в закладах загальної середньої освіти, як гуртка в закладах позашкільної освіти). Аналіз навчальних програм з освітньої робототехніки в закладах освіти.

Основні поняття: навчальна програма, календарний план, тематичний план, форма навчання, варіативна дисципліна, факультатив, гурток.

Основні вміння: аналізувати існуючі навчальні програми з освітньої робототехніки; планувати навчальний процес з освітньої робототехніки для різних форм навчання; скласти календарний та тематичний план навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти.

МОДУЛЬ 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ НАВЧАННЯ ОСВІТНЬОЇ РОБОТОТЕХНІКИ ТА РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

Тема 6. Принципи, методи і засоби навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем

Принципи навчання освітньої робототехніки. Принцип зв'язку теорії з практикою, принцип свідомості та активності, принцип доступності. Методи навчання. Частково-дидактичні методи навчання освітньої робототехніки (проблемний виклад, частково-пошуковий (евристичний) метод, дослідницький метод, метод проєктів). Засоби навчання освітньої робототехніки. Робототехнічні рішення для освіти та специфіка їх використання для різних вікових категорій. Аналіз посібників з освітньої робототехніки. Їх добір для використання у навчальному процесі.

***Основні поняття:** принципи навчання, методи навчання, частково-дидактичні методи навчання, засоби навчання, робототехнічні платформи, робототехнічні конструктори.*

***Основні вміння:** аналізувати принципи навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем; добирати методи навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем; аналізувати засоби навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем; добирати робототехнічні рішення для різних форм навчання та навчальних потреб; аналізувати посібники з освітньої робототехніки та добирати їх відповідно до навчальних потреб та форм навчання.*

Тема 7. Форми організації навчальної діяльності учнів з освітньої робототехніки

Урок освітньої робототехніки. Його дидактичні особливості. Підготовка вчителя до уроку освітньої робототехніки.

***Основні поняття:** освітня робототехніка, особливості підготовки вчителя до уроку.*

***Основні вміння:** аналізувати дидактичні особливості уроку освітньої робототехніки; розробляти урок освітньої робототехніки відповідно до навчальних потреб.*

Тема 8. Перевірка та оцінювання результатів навчання освітньої робототехніки

Функції оцінювання. Види оцінювання. Форми оцінювання. Тематичне оцінювання. Критерії оцінювання навчальних досягнень учнів з освітньої робототехніки.

***Основні поняття:** функції, види та форми оцінювання; поточне, тематичне, підсумкове оцінювання, критерії оцінювання навчальних досягнень.*

***Основні вміння:** аналізувати функції оцінювання навчальних досягнень учнів з освітньої робототехніки та робототехнічних систем; добирати види та форми оцінювання навчальних досягнень учнів з освітньої робототехніки та робототехнічних систем; проводити поточне, тематичне та підсумкове оцінювання навчальних досягнень учнів з освітньої робототехніки та робототехнічних систем; визначати критерії оцінювання навчальних досягнень учнів з освітньої робототехніки та робототехнічних систем.*

Тема 9. Методика навчання окремих тем з освітньої робототехніки та робототехнічних систем

Методика навчання учнів фізичних основ робототехніки. Методика навчання учнів математичних основ робототехніки. Методика навчання учнів роботи з різними робототехнічними платформами. Методика навчання учнів

програмування робототехнічних платформ. Дослідницькі проекти з освітньої робототехніки в закладах загальної середньої освіти. Методика підготовки учнів до реалізації дослідницьких проектів. Особливості підготовки учнів до олімпіад, конкурсів та змагань з робототехніки.

Основні поняття: методика навчання; дослідницькі проекти; олімпіада, конкурс, змагання.

Основні вміння: добирати методики навчання з окремих тем з освітньої робототехніки та робототехнічних систем; організувати та проводити дослідницькі проекти з освітньої робототехніки в закладах загальної середньої освіти; визначати особливості підготовки учнів до олімпіад, конкурсів та змагань з робототехніки.

ПИТАННЯ, ВИНЕСЕНІ НА САМОСТІЙНЕ ОПРАЦЮВАННЯ СТУДЕНТІВ

1. Аналіз стану розвитку робототехніки як прикладної галузі.
2. Методична система навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах вищої освіти.
3. Особливості підготовки фахівців для навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в ЗВО.
4. Планування навчального процесу з освітньої робототехніки в початковій школі.
5. Особливості організації факультативів з освітньої робототехніки в закладах шкільної освіти.
6. Особливості організації гуртків з освітньої робототехніки в закладах позашкільної освіти.
7. Тенденції розвитку освітньої робототехніки в закладах позашкільної освіти.
8. Методика навчання окремих тем з освітньої робототехніки та робототехнічних систем.

ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

6. Особливості розробки STEAM-уроку. STEAM-проекти, пов'язані з використанням робототехнічних систем.
7. Особливості навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в закладах освіти.
8. Планування навчального процесу з освітньої робототехніки.
9. Принципи, методи і засоби навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем.
10. Форми організації навчальної діяльності учнів з освітньої робототехніки.
11. Урок освітньої робототехніки. Підготовка вчителя до уроку освітньої робототехніки.
12. Методика навчання окремих тем з освітньої робототехніки та робототехнічних систем.

Орієнтовний перелік питань, винесених на екзамен

1. Робототехніка як прикладна галузь.
2. Сучасний стан розвитку робототехніки як прикладної галузі.
3. Тенденції розвитку майбутніх професій у галузі робототехніки.
4. Освітня робототехніка. Робототехніка як сучасний освітній тренд в Україні та світі.
5. Поняття про STEAM-освіту. Її складові та характеристики.
6. Концепція STEM-освіти. Сучасний стан розвитку STEAM-освіти в Україні.
7. STEAM-урок. Особливості його проведення.
8. Освітня робототехніка та 3D технології як складові STEAM-освіти.
9. Використання освітньої робототехніки у процесі навчання STEAM-предметів.
10. STEAM-проекти, пов'язані з використанням робототехнічних систем.
11. Зарубіжний досвід навчання освітньої робототехніки.
12. Освітня робототехніка як навчальний предмет. Форми її навчання.

13. Факультативи та гуртки з освітньої робототехніки в закладах шкільної освіти.
14. Гуртки з освітньої робототехніки в закладах позашкільної освіти.
15. Особливості навчання освітньої робототехніки та робототехнічних систем в різних закладах освіти.
16. Методична системи навчання освітньої робототехніки.
17. Особливості планування навчального процесу для різних форм навчання освітньої робототехніки
18. Планування навчального процесу з освітньої робототехніки як вибіркового предмету в закладах загальної середньої освіти.
19. Планування навчального процесу з освітньої робототехніки як факультативу.
20. Планування навчального процесу з освітньої робототехніки як гуртка в закладах загальної середньої освіти.
21. Планування навчального процесу з освітньої робототехніки як гуртка в закладах позашкільної освіти.
22. Аналіз навчальних програм з освітньої робототехніки в закладах освіти.
23. Принципи навчання освітньої робототехніки.
24. Методи навчання освітньої робототехніки.
25. Засоби навчання освітньої робототехніки.
26. Робототехнічні рішення для освіти та специфіка їх використання для різних вікових категорій.
27. Аналіз посібників з освітньої робототехніки. Їх добір для використання у навчальному процесі.
28. Урок освітньої робототехніки. Його дидактичні особливості
29. Підготовка вчителя до уроку освітньої робототехніки.
30. Функції оцінювання. Критерії оцінювання навчальних досягнень учнів з освітньої робототехніки.

31. Види оцінювання. Критерії оцінювання навчальних досягнень учнів з освітньої робототехніки.
32. Форми оцінювання. Критерії оцінювання навчальних досягнень учнів з освітньої робототехніки.
33. Методика навчання учнів фізичних основ робототехніки.
34. Методика навчання учнів математичних основ робототехніки.
35. Методика навчання учнів роботи з різними робототехнічними платформами.
36. Методика навчання учнів програмування робототехнічних платформ.
37. Методика підготовки учнів до реалізації дослідницьких проєктів з освітньої робототехніки.
38. Особливості підготовки учнів до олімпіад, конкурсів та змагань з робототехніки.

Інформаційні джерела до даного курсу подано у додатку Е.

Наведемо приклад дослідницького проєкту, присвяченого вивченню шляхів інтеграції 3D технологій та робототехніки, який пропонується студентам у процесі вивчення теми "Методика навчання окремих тем з освітньої робототехніки та робототехнічних систем".

Дослідницький проєкт, присвячений вивченню шляхів інтеграції

3D технологій та робототехніки

Постановка завдання

1. Знайти проєкт з використанням робототехнічних систем (або роботів), побудованих (роздрукованих) на основі технологій 3D друкування (так звані *3D printed robot*).

Описати проєкт за такими характеристиками:

- 1.1. Мета роботи над проєктом та його основна ідея;
- 1.2. Етапи роботи над проєктом;

- 1.3. Опис та характеристики робототехнічного обладнання, необхідного для реалізації проєкту (кількість платформ, датчиків тощо);
- 1.4. Опис 3D моделей частин робота (кількість частин, орієнтовний час їх друкування тощо);
- 1.5. Опис результатів проєкту (які навички, компетентності можна отримати у процесі роботи над проєктом), додати зображення запланованого результату проєкту (готового надрукованого робота).

Приклад подібного проєкту (*Juno Robot*) можна переглянути за посиланням: <https://www.thingiverse.com/thing:1720394>.

2. Файли з 3D моделями для друкування частин роботів завантажити на відповідний ресурс дистанційного курсу (архівом або файлами).

Основні поняття: дослідницький проєкт, 3D технології, робототехніка, робот, робототехнічна галузь.

Приклад завдання, виконаного студентом-магістром

- 1.1. **Ідея:** робот-художник.

Мета: сконструювати робота-художника, зібравши його з надрукованих на 3D принтері деталей на базі робототехнічної платформи.

- 1.2. **Етапи роботи над проєктом**

Крок 1: Розробка дизайну.

Крок 2: Визначення необхідних матеріалів.

Крок 3: Виготовлення деталей (моделювання і друкування на 3D принтері).

Крок 4: Збірка шасі та систем приводу (нижній шар).

Крок 5: Установка ємності для фарби (верхній шар).

Крок 6: Збірка маніпулятора.

Крок 7: Налаштування електроніки.

Крок 8: Програмування робототехнічної платформи Arduino.

Крок 9: Додавання фарби.

Крок 10: Тестування.

1.3. Опис та характеристики робототехнічного обладнання, необхідного для реалізації проєкту

Arduino Uno x 1

Серводвигун Towerpro MG995 x 1

NEMA17 кроковий двигун x 3

Щит з ЧПУ V3 x 1

LiPo акумулятор 11,1 В x 1

Гайки і болти М4

Гайки і болти М3

Колеса (діаметр 7 см x 2)

Філамент для 3D-принтера.

Акрилові листи (3 мм)

Фарби

Пензлик

1.4. Опис 3D моделей частин робота

Деталі, надруковані на 3D-принтері:

Кроковий кронштейн x 2

Розпірка шару x 4

Роз'єм для рук x 1

Пасивний планер x 2

Тримач піддону для фарби x 2

Піддон для фарби x 2

Деталі, вирізані лазером:

Нижня панель x 1

Верхня панель x 1

Щітка x 1

Необхідне обладнання: 3D-принтера, лазерний різак.

Усього є 13 деталей, надрукованих на 3D-принтері; 3 деталі, вирізані лазером. Час, необхідний для виготовлення всіх деталей, орієнтовно становить 12 годин.

1.5. Опис результатів проєкту

У поточній програмі робот виконує випадкові рухи на полотні, створюючи унікальні і красиві картини. З деякими змінами робот може бути зібраний для малювання певних картин з використанням еталонного зображення. Шасі робота також спроектовано за модульним принципом з декількома стандартизованими точками кріплення для того, щоб його можна було легко переобладнати відповідно до потреб.

Навички і компетентності, які можна отримати в результаті роботи над проєктом: розвиток STEAM-компетентностей, компетентностей у галузі робототехніки, гнучких навичок; розвиток мейкерства, креативності.



Рис. 4.21. Робот-художник

(Ресурс: розробка студента-магістра Криворучка А., 2019-2020 р.н.)

Після виконання дослідження студентам пропонуються індивідуальні завдання, в яких вони повинні розробити методику проведення подібних дослідницьких проєктів з учнями.

Приклад завдання

Розробити **навчальний проєкт** з використанням робототехнічних систем (або роботів), побудованих (роздрукованих) на основі технологій 3D друкування (так звані *3D printed robot*), який можна реалізувати з учнями.

Описати проєкт за такими характеристиками:

- 1.1. Назва проєкту, мета та його основна ідея.
- 1.2. Перелік шкільних навчальних предметів, знання яких з необхідні для реалізації проєкту.
- 1.3. Перелік ключових компетентностей, розвиток яких передбачено проєктом.
- 1.4. Клас та вік учнів, які братимуть участь у проєкті.
- 1.5. Етапи роботи учнів над проєктом (з орієнтовним зазначенням часу їх тривалості).
- 1.6. Перелік обладнання, необхідного для виконання проєкту (робототехнічне обладнання, 3D принтер тощо).
- 1.7. Опис результатів проєкту (що учні повинні отримати у процесі роботи над проєктом, яке практичне значення реалізації проєкту).
- 1.8. Опис використаних матеріалів (інтернет-ресурси, список літератури, назви подібних проєктів).
- 1.9. Розробити методичні рекомендації і скорочений план проведення проєкту з учнями.

4.6.4. Методи і технології підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки

У процесі розробки методичної системи було дібрано відповідні методи і технології навчання, що є, на нашу думку, доцільними для застосування у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки.

Запропонована методична система включає як традиційні (пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, демонстраційний та ін.), так і інноваційні *методи навчання*. Зокрема, до останніх належать:

- проблемно-пошуковий метод;
- дослідницький метод;
- метод проєктів;
- навчання, засноване на дослідженні;
- метод моделювання;
- взаємонавчання;
- гейміфікація;
- мейкерство.

Пояснювально-ілюстраційні та демонстраційні методи реалізуються як у процесі традиційних лекцій, так і під час онлайн та відеолекцій. Такі методи забезпечують наочність у вивченні навчального матеріалу.

Проблемно-пошуковий метод (PBL – Problem-based learning) – це метод навчання, у якому складні реальні проблеми використовуються як інструмент, що сприяє навчанню учнів поняттям та принципам, а не викладанню фактів та понять. Окрім змісту, використання цього методу сприяє розвитку навичок критичного мислення, здатності до вирішення проблем і комунікативних навичок. Це також може забезпечити можливості для роботи в групах, пошук та оцінювання дослідницьких матеріалів і навчання протягом усього життя [326].

Реалізація *дослідницького методу* відбувається через дослідницькі завдання. Прикладами використання цього методу в процесі навчання освітньої робототехніки можуть бути такі творчі завдання, як дослідження руху робота по лініях, руху з перешкодами, руху з використанням датчиків відстані і т.п. Іншим прикладом використання дослідницького навчання для підготовки студентів з освітньої робототехніки можуть бути онлайн лабораторії для роботи з робототехнічними платформами (TinkerCad, Fritzing, лабораторії Go-Lab).

Метод проєктів (Project Based Learning) орієнтований на спільну проєктну діяльність, в якій студенти можуть спробувати себе у будь-якій ролі, що передбачена спільною діяльністю над робототехнічним проєктом (в тому числі STEAM-проєктом).

Проєктна діяльність студентів, що здійснюється при застосуванні методу навчальних проєктів вимагає не лише вивчення об'єкта та предмета дослідження певної наукової галузі, але й вимагає вивчення суміжних галузей науки, що призводить до результатів метапізнання та інтегрованої навчальної діяльності. Прикладом реалізації міждисциплінарного підходу є навчальна методика STEAM, при здійсненні якої технічні дисципліни підтримуються не лише гуманітарними, а й мають творчу складову [47].

Такий підхід доцільно реалізовувати у вигляді STEAM-проєктів, які ґрунтуються на певних реальних проблемах, шляхи розв'язування яких потребують інтеграції знань з різних навчальних дисциплін [148].

Навчання, засноване на дослідженні (IBL – Inquiry Based Learning) - розглядається як підхід, відповідно до якого студенти вирішують проблеми з використанням навичок дослідження. Цей метод тісно переплітається з проблемним. Характерною особливістю цього методу є те, що навчання на основі IBL дозволяє залучити студентів до справжнього наукового процесу відкриття через процес пізнання, виявлення для себе в процесі навчальної діяльності нового (суб'єктивно). Таким чином, використання цього методу сприяє розвитку наукової освіти [47].

Метод моделювання використовується у процесі навчання освітньої робототехніки, наприклад, для симуляції механічних процесів (в середовищах для 3D дизайну, MozaWeb, PhET Interactive Simulations); для моделювання окремих частин роботів та їх подальшим 3D друкуванням та ін.

Взаємонавчання або взаємне навчання (peer-to-peer) - це метод навчання, використання якого передбачає ефективний обмін знаннями і досвідом. Метод взаємного навчання дозволяє студентам виконувати активну роль, оскільки при

обговоренні та використанні навчального матеріалу у різноманітних ситуаціях можливість утримування знань у пам'яті значно зростає. В такий спосіб вони привчаються до міркування, обговорення, навчання один одного, в результаті чого вчать швидше і краще запам'ятовують [256]. У процесі навчання освітньої робототехніки цей метод використовується при виконанні лабораторних робіт у парах (наприклад, для програмування сенсорів і датчиків).

Гейміфікація (gamification) - метод навчання з використанням елементів гри, технологій створення ігор та ігрового мислення в діяльності, відмінній від гри [145; 351; 432]. Застосування методу гейміфікації в освітній діяльності сприяє формуванню соціальної і комунікативної компетентностей, яка передбачає безпосередню взаємодію (вступ у контакт, вплив на партнера, переговори, інтерв'ю, спостереження тощо), а також гнучких навичок. Прикладом використання гейміфікації у процесі навчання освітньої робототехніки можуть слугувати змагання роботів, створених студентами з елементами мейкерства.

Використання елементів *мейкерства* (від англ. *do it yourself (DIY)* – зроби сам) у методичній підготовці майбутніх вчителів сприяє формуванню вчителя-новатора, вчителя-практика, готового в подальшому впроваджувати елементи STEAM-освіти у навчальний процес, здатного створювати спеціальні середовища - *простори для мейкерства (Makerspaces)*, в якому учні хочуть робити щось власними руками, навчатися із захопленням [42].

Для забезпечення ефективної підготовки студентів з освітньої робототехніки ефективним є використання таких основних *форм навчання*:

- лекційні (в тому числі онлайн і відеолекції);
- лабораторні заняття (в тому числі в онлайн середовищах і віртуальних лабораторіях);
- індивідуальна та групова робота через виконання STEAM-проектів (онлайн проектів);

- дослідницька діяльність;
- самостійна робота;
- консультації (в тому числі онлайн);
- змагання з робототехніки.

На *лекційних заняттях* теоретичні матеріали подані у вигляді презентацій з добром коротких відео для демонстрацій сучасних досягнень робототехніки.

На *лабораторних заняттях* студенти виконують завдання або з використанням наявного матеріально-технічного забезпечення (робототехнічних платформ і конструкторів), або в онлайн середовищах і віртуальних лабораторіях.

В кінці змістових модулів дисциплін з освітньої робототехніки, зазвичай, студенти виконують *індивідуальні та групові проекти*. Це сприяє творчій самореалізації студентів, використанню засвоєних раніше знань, сформованих умінь і навичок. Прикладами таких робототехнічних проектів є: налагодження сигналізації, автоматичного поливу рослин, програмування робота-сортувальника, робота-художника та ін.

На основі добору засобів навчання нами визначено основні *засоби навчання* освітньої робототехніки. Серед них можна виділити:

1. *Апаратне забезпечення навчання освітньої робототехніки* (робототехнічні платформи і конструктори, датчики, сенсори, комп'ютери, мобільні пристрої, засоби зв'язку).
2. *Програмне забезпечення навчання освітньої робототехніки* (емулятори та симулятори робототехнічних платформ, мови програмування, онлайн середовища для навчання робототехніки, віртуальні лабораторії, віртуальні середовища, засновані на дослідженні (*ILS – Inquiry learning spaces*), хмарні сервіси на основі інтернету речей, технології на основі доповненої реальності (*AR – Augmented Reality*)).

3. *Інформаційне забезпечення навчання освітньої робототехніки* (контент навчальних дисциплін з освітньої робототехніки, відповідні розроблені навчальні електронні курси для дистанційного навчання, навчальні посібники з освітньої робототехніки; *ресурси неформальної освіти* – масові відкриті онлайн курси з робототехніки популярних MOOC-платформ, тематичні відеоканали, вебінари, тематичні групи соціальних мереж тощо).

Охарактеризуємо кожен зі складових, що належать до засобів навчання.

Основними *робототехнічними платформами*, з якими працюють студенти, є: Lego, Brain Pad, Micro bit, Arduino, Raspberry Pi. Для забезпечення навчання освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики використовуються такі *робототехнічні конструктори*, як Lego WeDo, Lego Mindstorms Education, MakeBlock, Codey Rocky. В той же час, слід зазначити, що для ознайомлення студентів з різними конструкторами необхідно нарощувати матеріальну складову, поповнюючи її різними. Це пов'язано з тим, що майбутніх учителів інформатики будуть працювати в умовах невизначеності щодо апаратного забезпечення навчання освітньої робототехніки, тому їх варто ознайомити з якомога більшою кількістю різних засобів.

Сенсори і датчики представлені різноманітними типами: температури, освітлення, вологості, руху, кольору, відстані, звуку та ін.

Програмне забезпечення навчання освітньої робототехніки можна умовно поділити на такі види:

- емулятори та симулятори робототехнічних платформ;
- мови програмування;
- онлайн середовища для навчання робототехніки;
- віртуальні лабораторії;
- віртуальні середовища, засновані на дослідженні;
- хмарні сервіси на основі інтернету речей;
- технології на основі доповненої реальності.

Емулятори та симулятори робототехнічних платформ призначені для роботи з віртуальними аналогами відповідних робототехнічних контролерів. У процесі навчання дисциплін з робототехніки та освітньої робототехніки студенти використовують такі емулятори і симулятори: TinkerCad, Fritzing (еммулятори Arduino); MakeCode (еммулятор BrainPad і MicroBit); Sense HAT (симулятор Raspberry Pi).

Як мови програмування для робототехнічних систем використовуються: візуальні мови програмування (Scratch, MBlock, MakeCode), C++, JavaScript, Python та ін.

Прикладами онлайн середовища для навчання робототехніки можуть слугувати micro:bit classroom (<https://classroom.microbit.org>), TinkerCad (<https://www.tinkercad.com>).

У процесі навчання майбутніх учителів інформатики освітньої робототехніки використовуються *віртуальні лабораторії Go-Lab*: Python Controlled Lego Nxt Motors (<https://www.golabz.eu/lab/python-controlled-lego-nxt-motors>), LEGO Windmill Lab (<https://www.golabz.eu/ils/lego-windmill-lab>), Solar Lab (<https://www.golabz.eu/lab/solar-lab>), Electrical Circuit Lab (<https://www.golabz.eu/lab/electrical-circuit-lab>).

Віртуальні середовища, засновані на дослідженні (ILS – Inquiry learning spaces), призначені для створення віртуальних навчальних просторів, в які викладач може додавати онлайн-лабораторії (з платформи *Go-Lab*), симулятори й інше програмне забезпечення для проведення досліджень. Платформа *Go-Lab* (<https://www.golabz.eu>) є потужним інструментом для навчання того, як поділяти складний науковий процес на менші, логічно пов'язані одиниці [74].

Прикладами віртуальних середовищ, заснованих на дослідженні, які використовуються у процесі навчання освітньої робототехніки, є: LEGO Solar Lab (<https://www.golabz.eu/ils/lego-solar-lab>), Machine Learning And Artificial

Intelligence

(<https://www.golabz.eu/ils/machine-learning-and-artificial-intelligence>).

До інформаційного забезпечення навчання освітньої робототехніки належать:

- *ресурси формальної освіти* (контент навчальних дисциплін з освітньої робототехніки; розроблені навчальні електронні курси для дистанційного навчання (п. 4.6.3); навчальні посібники з освітньої робототехніки);
- *ресурси неформальної освіти* (масові відкриті онлайн курси з робототехніки популярних MOOC-платформ, тематичні відеоканали, вебінари, тематичні групи соціальних мереж тощо).

У зв'язку з невизначеним змістом освітньої робототехніки у закладах середньої освіти для підготовки майбутніх учителів інформатики до її навчання пропонується використовувати різні види неформального та інформального навчання як додаткові засоби до традиційних ресурсів формальної освіти.

Ресурси неформальної освіти умовно можна розділити на очні і дистанційні (рис. 4.22).



Рис. 4.22. Види неформального та інформального навчання з освітньої робототехніки

(Ресурс: власна розробка [2021])

Деякі приклади таких ресурсів наведено у таблиці 4.7:

Таблиця 4.7

Приклади ресурсів для неформального та інформального навчання з освітньої робототехніки

№ з/п	Форма	Назва	Електронний ресурс
1	МООС	Robotics MOOCs (на сьогодні на агрегаторі MOOC ClassCentral є 58 курсів з робототехніки)	https://www.classcentral.com http://dl-cloud.kpi.ua/node/26
2	Вебінари	STEM-проекти у початковій школі. Робототехнічні набори Wedo 2.0	http://osnova.d-academy.com.ua/unit/video-stem-proekty-u-pochatkovij-shkoli-robototehnichni-nabory-wedo-2-0-z-dosvidu-roboty
		GREEN STrEAM курс з робототехніки	https://www.youtube.com/watch?v=P_X3o3s2CG0
		Міжнародна програма FIRST LEGO League Jr. в Україні	https://www.youtube.com/watch?v=AJ1hr4sZd2s
		Літня сесія "Web-STEM-школи 2017"	https://www.youtube.com/watch?v=CLHRkywqv8U https://www.youtube.com/watch?v=TEDFv2y8IO0
		Навчання майбутнього: освітня робототехніка як інструмент реалізації STEM-освіти	https://www.youtube.com/watch?v=NasbigBnX_U
		EdCamp Ukraine 2017 – Робототехніка як ключова STEM-дисципліна	https://www.youtube.com/watch?v=TMKauEgtwrM
		ORT STEM	https://www.youtube.com/channel/UCwylurE4-Ixf6515alpCFJQ/featured
		Занимательная робототехника	https://www.youtube.com/channel/UCExyNYBmIAD0QgcpYbr92MA/feed

№ з/п	Форма	Назва	Електронний ресурс
3	Тематичні канали Youtube	Робототехника для починаючих	https://www.youtube.com/channel/UCsEf9ACf1VM9fIYcUpHXkQQ/featured
		Технічна студія "Винахідник"	https://www.youtube.com/channel/UC9-Q8UiGzHYCHOyKBh2P2xw
		#Arduino	https://www.youtube.com/results?search_query=%23Arduino
		#MakeBlock	https://www.youtube.com/results?search_query=%23MakeBlock
4	Відеоресурси	Відео-курс "Основи робототехніки"	https://www.youtube.com/playlist?list=PLWuPdIzAqBUgIySbCsEkCsyDehb-q92pX
		Онлайн курс по ардуіно на базі простого стартового набору	https://habr.com/ru/post/397019/
		Top 10 Arduino Projects For Beginners in 2018	https://etechnophiles.com/top-10-arduino-projects-beginners-2018-honest-opinion
5	Блоги	RoboTeacher – блог для вчителів робототехніки	https://roboteacherblog.wordpress.com
		Робототехніка для освіти	https://top3dshop.ru/blog/robototehnika-dlja-obrazovanija.html
6	Фестивалі	STEM-фестиваль ROBOTICA	http://robotica.in.ua
7	Хакатони для вчителів	STEM хакатон для вчителів STEM-предметів (фізика, хімія, математика, інформатика, біологія, технології, робототехніка, астрономія, географія)	https://www.prostir.ua/event/stem-hakaton-dlya-vchyteliv

(Ресурс: власна розробка [202])

Використовувати ці та інші засоби неформальної освіти для підвищення рівня обізнаності та компетентностей У галузі освітньої робототехніки майбутні вчителі інформатики можуть як у процесі роботи над проектами, так і під час самостійної роботи [202].

Таким чином, в умовах відсутності системного підходу до підготовки майбутніх учителів інформатики з освітньої робототехніки важливим чинником їх професійного зростання на теперішній час виступають засоби неформальної освіти. Їх використання для підтримки традиційного навчання окремих дисциплін підсилить профільну підготовку студентів, оскільки навчальні плани підготовки фахівців інформатичних спеціальностей не завжди можна швидко адаптувати відповідно до сучасних вимог суспільства та швидких змін цифрових технологій.

4.6.5. Навчальні електронні курси для дистанційного навчання освітньої робототехніки

Для підтримки традиційного, змішаного і дистанційного навчання дисциплін з робототехніки та освітньої робототехніки автором розроблено навчальні електронні курси в системі дистанційного навчання Moodle (<https://moodle.fi.npu.edu.ua>):

- "Основи робототехніки" (<https://moodle.fi.npu.edu.ua/course/view.php?id=515>);
- "Вступ до освітньої робототехніки" (<https://moodle.fi.npu.edu.ua/course/view.php?id=564>);
- "Методика навчання освітньої робототехніки" (<https://moodle.fi.npu.edu.ua/course/view.php?id=516>);
- "Робототехніка та 3D технології" (<https://moodle.fi.npu.edu.ua/course/view.php?id=672>).

Система дистанційного навчання Moodle є програмним засобом для організації та підтримки навчального процесу в умовах як дистанційного, так і традиційного навчання. Вона орієнтована на взаємодію між викладачем і студентами, оскільки побудована на засадах конструктивної педагогіки. В системі дистанційного навчання Moodle є широкі можливості налагодження

різноманітних параметрів навчальних курсів, контролювання загальних етапів проходження курсу, автоматичного відслідковування дій користувачів та ін. Її засобами забезпечується контроль знань як в аудиторному навчанні, так і в умовах дистанційного навчання.

Розроблені навчальні електронні курси мають уніфіковану структуру і створені відповідно до навчальних програм дисциплін "Основи робототехніки", "Вступ до освітньої робототехніки", "Методика навчання освітньої робототехніки", "Робототехніка та 3D технології".

Оскільки в Україні на сьогоднішній день не існує єдиних підходів до структури навчальних електронних курсів, то у даному дослідженні будемо орієнтуватись на структуру курсу, запропоновану Н.В. Морзе і О.Г. Глазуною у [125]. Відповідно до цієї структури основними складовими елементами навчального електронного курсу є:

- 1) загальні відомості про курс (містять мету та завдання навчання курсу, робочу програму, дидактичну картку дисципліни, графік навчання, методичні рекомендації по роботі з курсом, шкалу оцінювання, перелік рекомендованої літератури, опитування, глосарій та ін.);
- 2) навчальні модулі (складаються з теоретичного матеріалу, практичних, лабораторних, семінарських робіт в залежності від того, які види робіт передбачені навчальною дисципліною, завдань для самостійної роботи, поточного, тематичного та модульного контролю);
- 3) підсумкова атестація (контрольні запитання до заліку та/або іспиту, підсумковий тестовий контроль).

Кожна тема модуля навчальних електронних курсів має таку структуру:

- інструкція для роботи з темою, в якій зазначено види діяльностей в темі, рекомендована послідовність їх виконання і шкала оцінювання за кожний елемент теми;
- консультація (організована у вигляді форуму або онлайн ресурсу для відеоконсультації);

- теоретичний матеріал до відповідної теми (мультимедійна презентація з використанням ресурсу SCORM-пакет, відеоматеріали, перелік рекомендованих джерел для опрацювання теми, запитання для самоконтролю; *за необхідності* - попереднє опитування на початку лекції, відеозапис лекції, додаткові матеріали з використанням ресурсу "Лекція", інші додаткові й довідкові ресурси; опитування в кінці лекції);
- лабораторні (практичні, семінарські) роботи (основні поняття, завдання, порядок їх виконання, форма подання результатів виконання, критерії оцінювання, контрольні запитання; *за необхідності* - методичні вказівки до виконання завдань);
- вбудовані віртуальні лабораторії, онлайн середовища для навчання робототехніки і освітньої робототехніки (*використовуються за необхідності*);
- завдання для самостійного виконання (завдання, порядок їх виконання, методичні вказівки до виконання завдань, форма подання результатів виконання, критерії оцінювання, контрольні запитання);
- контроль і самоконтролю набутих знань, умінь і навичок (тестові завдання до теоретичного матеріалу, лабораторних (практичних, семінарських) робіт);
- додаткові ресурси теми (опитування, корисні посилання, довідкові матеріали та ін.).

На рис. 4.23 – рис. 4.25 показано сторінки навчальних електронних курсів.

Тема 1. Історія розвитку робототехніки. Сучасний стан та перспективи розвитку

- Інструкція для роботи з темою 1
 - Консультації
 - Опитування теоретичного матеріалу
 - Виконання завдань лабораторної роботи
 - Контроль знань
 - Шкала оцінювання
- Консультації
 - Форум "Робототехніка як прикладна"
- Теоретичні матеріали
 - Відео із заняття 01.04.2020
 - Презентація до теми 1
 - Заявки на самоконтроль до теми 1
- Лабораторна робота
 - Завдання до ЛР1
 - Види роботів
 - Посилання на відео про Smart Factory
 - Посилання на відео про соціальних р
 - Посилання на відео про домашніх р
 - Посилання на відео про використання
- Контроль знань
 - Підсумкове опитування "Industry 4.0" (в Kahoot! наприкінці вивчення теми 1)
 - Бали за підсумкове опитування до теми 1

Основи робототехніки

Шановні студенти!

Продовжуємо навчатися в дистанційному режимі.

Графік навчального процесу у дистанційному режимі:

16.03.2020	Тема 1. Історія розвитку робототехніки. Сучасний стан та перспективи розвитку робототехніки в прикладній галузі. Галузі застосування роботи.
27.03.2020	Тема 2. Автоматизація та роботизація. Класифікація роботи. Основи
30.03.2020	Тема 2. Автоматизація та роботизація. Класифікація роботи. Основи

Рис. 4.23. Сторінки навчального електронного курсу "Основи робототехніки" (Ресурс: власна розробка)

Форум "Що таке STEM-освіта?"

Теоретичні матеріали

- Відео із заняття 27.03.2020
- Опитування "Що таке STEM-освіта?" (на початку вивчення теми)
 - 3 з 14 надіслано
- Презентація до теми 1
- Навчальне відео "STEM Integration in Education"
- Навчальне відео "STEM Education"
- Навчальне відео "STEM Education Program"
- Заявки на самоконтроль до теми 1

Лабораторна робота

- Завдання до ЛР1
- Аналіз професій майбутнього
 - 4 з 14 надіслано, 1 утрачено
- Посилання на відео про STEM-освіту
 - 1 з 14 надіслано
- Есе про STEM-освіту

Контроль знань

- Підсумкове опитування "STEM-освіта та її складові" (наприкінці вивчення теми)
 - Бали за опитування на початку вивчення теми 1
 - 0 з 14 надіслано
 - Бали за підсумкове опитування до теми 1
 - 0 з 14 надіслано
 - Тест до теми 1

Вступ до освітньої робототехніки

Шановні студенти!

Продовжуємо навчатися в дистанційному режимі.

Графік навчального процесу у дистанційному режимі:

16.03.2020	Тема 1. Виникнення та розвиток STEM-освіти. Її зв'язок з робототехнікою
27.03.2020	Тема 1. Виникнення та розвиток STEM-освіти. Її зв'язок з робототехнікою
30.03.2020	Тема 2. Освітня робототехніка як напрям розвитку STEAM-освіти.
10.04.2020	Професії майбутнього в робототехнічній галузі.
13.04.2020	Тема 3. Освітня робототехніка та рішення для неї: робототехнічні конструктори, їх характеристики.
14.04.2020	Тема 3. Освітня робототехніка та рішення для неї: робототехнічні конструктори, їх характеристики.

Рис. 4.24. Сторінки навчального електронного курсу "Вступ до освітньої робототехніки"

(Ресурс: власна розробка)



Рис. 4.25. Сторінки навчальних електронних курсів "Методика навчання освітньої робототехніки" і "Робототехніка та 3D технології"

(Ресурс: власна розробка)

При створенні навчальних електронних курсів було дотримано таких загальних засад їх побудови:

- подання навчального матеріалу логічно структуроване;
- теоретичний матеріал пов'язаний з практичними завданнями і робототехнічними проектами;
- до кожної структурної одиниці курсу (теми, модуля) передбачено можливість самоконтролю і контролю отриманих знань, умінь і навичок засобами Moodle;
- розв'язування типових практичних задач проілюстровано прикладами;

- у курсі наявні засоби (у вигляді віртуальних лабораторій) для виконання комп'ютерного моделювання деяких задач робототехніки і освітньої робототехніки.

4.6.6. Методичні рекомендації щодо впровадження в освітній процес розроблених компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки

Впровадження розроблених окремих компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки доцільно здійснювати з урахуванням наступних етапів.

1-й етап. Визначення мети впровадження компонентів методичної системи. На цьому етапі визначаються загальні цілі впровадження компонентів методичної системи в освітній процес майбутніх учителів. Такими цілями можуть бути:

- ознайомлення студентів з сучасними досягненнями робототехнічної галузі, формування в них відповідного світогляду й базових компетентностей;
- підготовка студентів до реалізації проєктів (в тому числі STEAM-проєктів) з використанням робототехнічних систем в рамках шкільних предметів, яких вони будуть навчати;
- підготовка студентів до навчання освітньої робототехніки в ЗСО і позашкільній освіті в рамках гуртка, факультативу, окремого курсу;
- підготовка студентів до навчання освітньої робототехніки в ЗВО.

Для реалізації кожної з цілей важливо визначити, на якому рівні освіти будуть впроваджені відповідні дисципліни з освітньої робототехніки (на бакалаврському, магістерському) та їх місце в освітній програмі на основі аналізу її освітніх компонентів. Для цього також потрібно проаналізувати відповідні освітні програми підготовки майбутніх учителів з метою визначення

того, наскільки ґрунтовною є їх попередня підготовка до навчання освітньої робототехніки.

2-й етап. Оцінювання наявної матеріально-технічної бази для забезпечення навчального процесу з робототехніки та освітньої робототехніки.

На цьому етапі аналізується наявний стан матеріально-технічного забезпечення навчального процесу освітньої робототехніки в ЗВО, можливості його нарощення та використання спільних лабораторій з іншими факультетами, університетами, базами практики та ін. В залежності від наявного матеріально-технічного забезпечення також можуть змінюватись і цілі впровадження компонентів методичної системи в освітній процес майбутніх учителів.

Одним із шляхів нарощення матеріально-технічного забезпечення навчання освітньої робототехніки є створення STEAM-лабораторій, просторів для мейкерства, які, в подальшому можна спільно використовувати в освітньому процесі студентів природничо-математичних і технічних спеціальностей.

3-й етап. Визначення рівня готовності педагогічних кадрів до навчання робототехніки та освітньої робототехніки.

Для ефективного впровадження компонентів розробленої методичної системи необхідно визначити рівень готовності педагогічних кадрів ЗВО до навчання робототехніки та освітньої робототехніки, в тому числі володіння ними відповідним програмним забезпеченням; готовності до розробки відповідного методичного забезпечення (приведення/оновлення наявного методичного забезпечення навчання освітньої робототехніки у відповідність до мети впровадження компонентів методичної системи). Це можна реалізувати можна шляхом опитування, обговорення питань стосовно перспектив впровадження розробленої методичної системи для популяризації спеціальностей факультету та університету в цілому. В залежності від

кадрового забезпечення також можуть змінюватись і цілі впровадження компонентів методичної системи в освітній процес майбутніх учителів.

Для підвищення рівня кваліфікації з освітньої робототехніки викладачі вищої школи можуть використовувати зокрема засоби і ресурси неформальної освіти.

4-й етап. Побудова інформаційно-освітнього середовища для навчання освітньої робототехніки.

Для організації ефективного навчального процесу з освітньої робототехніки важливо побудувати відповідне інформаційно-освітнє середовище. Основними компонентами такого середовища можуть бути:

- наповнення навчальних дисциплін з освітньої робототехніки;
- навчальні електронні курси для дистанційного навчання;
- віртуальні лабораторії з робототехніки;
- емулятори і симулятори робототехнічних платформ;
- хмарні сервіси з робототехніки, в тому числі на основі інтернету речей;
- ресурси неформальної освіти з освітньої робототехніки (МООС, соціальні медіа, канали месенджерів).

Реалізація цього етапу залежить від попередніх, а саме мети впровадження компонентів методичної системи, матеріально-технічного і кадрового забезпечення навчального процесу з освітньої робототехніки. Ефективне інформаційно-освітнє середовище дозволяє підготувати висококваліфікованих вчителів, які будуть навчати освітньої робототехніки.

5-й етап. Проектування і підтримка навчального процесу з освітньої робототехніки.

Проектування навчального процесу з освітньої робототехніки пов'язано з аналізом готовності студентів до вивчення освітньої робототехніки; розробкою змісту навчання визначених на попередніх етапах відповідних навчальних дисциплін; добором відповідних цілям методів і технологій навчання. Підтримка навчального процесу передбачає аналіз результативності

впровадження окремих компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки, що дає змогу коригувати відповідні стратегії на кожному з етапів.

4.7. Особливості проведення педагогічного експерименту і його результати

З метою перевірки гіпотези дослідження та ефективності підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти протягом 2015-2020 рр. було проведено педагогічний експеримент на базі Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова у три етапи: констатувальний (2015-2016 рр.); пошуковий (2016-2017 рр.); формувальний (2017-2020 рр.).

Окремі компоненти методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти уточнювались у процесі експерименту у педагогічних університетах Умані, Переяслав-Хмельницького, Дрогобича, Черкас, Кривого Рогу та ін. Загальна кількість учасників експерименту становить 328 чол. Навчання студентів НПУ імені М.П. Драгоманова проводилось за розробленими у процесі дослідження компонентів методичної системою навчання. Всього в експерименті взяло участь 182 студенти, з них 166 чол. – майбутні вчителі інформатики.

На *констатувальному етапі* експерименту (2015-2016 рр.) вивчався український і зарубіжний досвід з проблеми дослідження; визначалися стан проблеми підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти, понятійний апарат дослідження, формулювалась гіпотеза, визначався стан готовності майбутніх учителів до навчання освітньої робототехніки, визначено основні концептуальні положення дослідження. Аналіз результатів констатувального етапу педагогічного експерименту надав можливість зробити такі висновки:

- відсутній (або обмежений) доступ у майбутніх учителів до апаратного забезпечення навчання освітньої робототехніки (робототехнічних конструкторів, платформ тощо);
- рівень обізнаності студентів педагогічних університетів з питань розвитку робототехніки як прикладної галузі та освітнього тренду є досить низьким. Більшість з них не володіють знаннями, уміннями й навичками роботи з відповідним апаратним і програмним забезпеченням;
- недостатня сформованість у студентів мотиваційних чинників до навчання освітньої робототехніки в цілому;
- відсутнє методичне забезпечення навчання освітньої робототехніки.

Під час *пошукового етапу* експерименту (2016-2017 рр.) було здійснено добір змісту і технологій навчання освітньої робототехніки у вищих педагогічних закладах освіти, розроблено навчально-методичне забезпечення дисциплін з освітньої робототехніки, окремі компоненти відповідної методичної системи, побудовано модель формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики і визначено критерії оцінювання рівнів їх сформованості.

Метою *формульовального етапу* експерименту (2017-2020 рр.) була перевірка гіпотези та основних концептуальних положень дослідження; аналіз отриманих емпіричних даних, теоретичне узагальнення та систематизація результатів дослідження та формулювання загальних висновків.

Оцінювання ефективності запропонованих компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки здійснювалось за умов педагогічного моніторингу знань, умінь, навичок і компетентностей студентів у галузі освітньої робототехніки за визначеними критеріями. Зокрема, розроблено системи тестів, опитувань, проєктів і завдань, використання яких дозволило ефективно проводити кожен з видів педагогічного моніторингу.

До формувального етапу експерименту, який проводився впродовж трьох навчальних років, було залучено 106 здобувачів вищої освіти, які навчались за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)".

Протягом кожного наступного навчального року вносились зміни до структури та змісту навчання дисциплін з освітньої робототехніки: 2017-2018 рр. – 28 студентів (навчання освітньої робототехніки відбувалось за змістом модулів інших навчальних дисциплін – 16 студ. бакалаврату і 12 студ. магістратури); 2018-2019 рр. – 32 студенти (навчання відбувалось як за змістом модулів інших навчальних дисциплін (18 студ. бакалаврату), так і за змістом вибіркового блоку дисциплін "Освітня робототехніка" (14 студ. магістратури)); 2019-2020 рр. – 46 студентів (навчання освітньої робототехніки відбувалось в рамках профільних курсів (23 студ. бакалаврату) і за змістом вибіркового блоку дисциплін "Освітня робототехніка" (23 студ. магістратури)). Такий добір експериментальних груп був зумовлений: невеликою кількістю студентів у групах, які навчались за відповідним напрямом підготовки; однорідністю умов проведення експерименту (наявністю апаратного забезпечення з освітньої робототехніки, однакова кількість годин на навчання відповідних курсів, однотипність програмного і методичного забезпечення); динамікою розвитку відповідних технологій у робототехнічній галузі.

Діагностика рівнів сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики для кожної групи проводилась у два етапи: шляхом оцінювання рівнів сформованості визначених складових компетентностей на початку і після формувального етапу експерименту.

На завершальному етапі експерименту було проведено самооцінювання компетентностей у галузі освітньої робототехніки, сформованих в учасників експерименту, та експертне оцінювання проєктів з робототехніки (в тому числі STEAM і онлайн проєктів), в тому числі за участю викладачів, практикуючих учителів, керівників гуртків освітньої робототехніки (як експертів), а також, в окремих випадках, взаємне оцінювання. Експертиза та оцінювання проєктів

проводилися на основі розроблених автором дослідження критеріїв оцінювання підсумкових завдань і проєктів, а також критеріїв для оцінювання рівнів сформованості складових компетентностей (*ціннісно-мотиваційний, когнітивний, діяльнісний, рефлексивний*).

Результати експерименту показали, що якість підготовки та рівень сформованості складових компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики на основі запропонованих компонентів методичної системи, підвищилися (табл. 4.8):

Таблиця 4.8

Динаміка формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики

Складові компетентностей у галузі освітньої робототехніки	Етап експерименту	% студентів, які досягли вказаних рівнів сформованості відповідних компонентів компетентностей у галузі ОР			
		<i>низький</i>	<i>базовий</i>	<i>достатній</i>	<i>високий</i>
<i>Інтегральна STEAM-компетентність</i>	на початку	22,64%	64,15%	11,32%	1,89%
	в кінці	8,49%	43,40%	34,91%	13,21%
<i>Дослідницька компетентність</i>	на початку	73,58%	23,58%	2,83%	0,00%
	в кінці	35,85%	50,94%	10,38%	2,83%
<i>Інформаційно-комунікаційна компетентність</i>	на початку	28,30%	48,11%	21,70%	1,89%
	в кінці	9,43%	38,68%	33,96%	17,92%
<i>Методична компетентність</i>	на початку	86,79%	11,32%	1,89%	0,00%
	в кінці	16,04%	60,38%	16,04%	7,55%
<i>Гнучкі навички</i>	на початку	31,13%	45,28%	15,09%	8,49%
	в кінці	19,81%	35,85%	29,25%	15,09%
Загальні компетентності у галузі ОР	на початку	48,49%	38,49%	10,57%	2,45%
	в кінці	17,92%	45,85%	24,91%	11,32%

(Ресурс: власна розробка)

Результати формувального етапу педагогічного експерименту показали якісні зміни числових значень відповідних показників і рівнів сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики.

Отже, за результатами формувального експерименту спостерігається позитивна динаміка розвитку компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики, що підтверджує ефективність навчання студентів за розробленими окремими компонентами методичної системи. Зокрема, кількість студентів з базовим, достатнім і високим рівнем сформованості *загальних компетентностей у галузі освітньої робототехніки* збільшилась: з базовим зросла на 7,36% (8 чол.); з достатнім – на 14,34% (15 чол.); з високим – на 8,87% (9 чол.). Водночас, зменшилась кількість студентів з низьким рівнем сформованості зазначених компетентностей на 30,57% (32 чол.).

Результати навчання студентів за розробленою методичною системою показали не тільки сформованість в них компетентностей у галузі освітньої робототехніки, а й вдосконалили таких ключових компетентностей: уміння вчитися, громадянська компетентність, соціальна компетентність (в тому числі розуміння наслідків власної діяльності, в тому числі в процесі побудови і використання робототехнічних систем), екологічна грамотність, підприємливість.

Таким чином, отримані експериментальні дані обґрунтовують і підтверджують гіпотезу проведеного дослідження та ефективність розроблених компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти.

Висновки до розділу 4

1. За результатами проведеного дослідження обґрунтовано необхідність оновлення змісту навчання шкільної та університетської освіти в контексті навчання освітньої робототехніки відповідно до вимог сьогодення. Це пов'язано з тим, що робототехніка вже відіграє важливу роль у різних галузях суспільної діяльності й на те, що її роль в майбутньому буде посилюватись. Саме тому необхідно готувати до цього нинішнє покоління учнів, в тому числі й до майбутніх професій, пов'язаних з робототехнічною галуззю. Це вказує на необхідність підготовки педагогічних кадрів до навчання освітньої робототехніки. Отже, актуальною є розробка освітніх програм і методичних систем підготовки майбутніх учителів, які будуть навчати освітньої робототехніки.
2. На основі досліджень провідних українських і зарубіжних учених даної галузі розроблено структуру компетентностей учителя в галузі освітньої робототехніки, до складових якої належать: інтегральна STEAM-компетентність; дослідницька, інформаційно-комунікаційна, методична компетентності; "гнучкі навички". Відповідно до побудованої структури компетентностей у галузі освітньої робототехніки для вчителів визначено такі рівні їх сформованості: *низький, базовий, достатній, високий*. Для оцінювання компетентностей розроблено відповідні критерії (*ціннісно-мотиваційний, когнітивний, діяльнісний, рефлексивний*), дібрано методи та інструменти оцінювання.
3. На основі узагальнення досвіду практикуючих освітян, які навчають освітньої робототехніки і досліджують питання підготовки майбутніх учителів до її навчання, попередніх досліджень автора цієї роботи і власного досвіду обґрунтовано, що найбільш готовими до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти є *майбутні вчителі інформатики*. Проведений аналіз освітніх програм підготовки майбутніх учителів (інформатики, технологій і природничо-математичних дисциплін)

показав, що підготовка майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в українських школах зумовлена їх ґрунтовною фундаментальною підготовкою у галузі програмування (що є базовим для навчання робототехніки), інформатичних і природничо-математичних дисциплін.

4. У процесі підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки необхідно враховувати особливості сучасного покоління студентів (як покоління Y відповідно до теорії поколінь Н. Хоува і У. Штрауса), до яких належать: гнучкість мислення, здатність до швидкого накопичення досвіду, залежність від цифрових технологій, високий рівень володіння сучасними засобами комунікацій, мобільність. Урахування цих особистісних характеристик сприятиме підвищенню мотивації студентів до навчання та ефективності використання інноваційних методів і способів навчання.
5. На основі аналізу наукових та методичних джерел автором розроблено модель формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики, що складається з чотирьох блоків (*методологічно-цільового, змістово-методичного, процесуально-організаційного, діагностично-результативного*) і являє собою цілісну систему взаємопов'язаних складових, що забезпечують досягнення поставленої мети. Обґрунтовано, що формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики забезпечується у процесі навчання за розробленою методичною системою підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти, що відповідає соціальній затребуваності навчання робототехніки в закладах освіти.
6. У процесі дослідження розроблено окремі компоненти методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки (розроблено мету, зміст навчання, дібрано методи і

технології навчання). Визначено цілі підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки, до найважливішої з яких належить підготовка майбутніх учителів інформатики до формування в учнів відповідних компетентностей у галузі освітньої робототехніки, а також уміння формувати і підтримувати в учнів мотивацію до навчання робототехніки і суміжних дисциплін.

7. Для забезпечення ефективності реалізації окремих компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти обгрунтовано відповідні етапи її впровадження в заклади вищої педагогічної освіти, до яких належать: визначення мети впровадження компонентів методичної системи; оцінювання наявної матеріально-технічної бази для забезпечення освітнього процесу з робототехніки і освітньої робототехніки; визначення рівня готовності педагогічних кадрів до навчання робототехніки і освітньої робототехніки, в тому числі володіння ними відповідним програмним забезпеченням; розробка відповідного методичного забезпечення (приведення/оновлення наявного методичного забезпечення навчання освітньої робототехніки у відповідність до мети впровадження компонентів методичної системи); побудова інформаційно-освітнього середовища для навчання освітньої робототехніки; проектування і підтримка освітнього процесу з освітньої робототехніки.
8. До особливостей підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки також належить те, що, за умов відсутності на сьогодні за Державним стандартом освіти в Україні окремої освітньої галузі "Робототехніка", вони будуть працювати в умовах невизначеності змісту, засобів і форм навчання. Тому студентів необхідно підготувати до такої роботи: навчити оцінювати фонд аудиторних годин, нарощувати матеріальну складову (комп'ютери, робототехнічні платформи,

конструктори тощо), враховувати наявні педагогічні умови при розробці навчальних програм відповідно до потужностей закладу освіти та ін.

9. Основні результати дослідження, розглянуті у четвертому розділі роботи, відображено в публікаціях [94; 116; 168; 176; 177; 184; 193; 194; 195; 197; 198; 199; 200; 201; 202; 203; 210; 211; 467; 444; 468].

Висновки

Проведене дослідження щодо розробки, теоретичного обґрунтування окремих компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти та отримані результати дослідження дають підстави зробити такі **висновки**:

1. Аналіз сучасних трендів розвитку цифрових технологій і процесів цифрової трансформації показав, що до галузей, які на теперішній час інтенсивно розвиваються, належить робототехніка. В останні роки ця галузь характеризується щорічним зростанням обсягу виробництва роботів, впровадженням робототехнічних механізмів й процесами комплексної автоматизації виробництва в цілому. Це спричиняє потребу в підготовці кваліфікованих фахівців даної галузі і, як наслідок, розвитку освітньої робототехніки.
2. Тенденції розвитку сучасних ІКТ призводять до необхідності швидкої зміни затребуваних на ринку праці професій і, відповідно, професійних вимог до компетентностей фахівців. Більшість цих компетентностей пов'язано із STEM/STEAM галузями, у зв'язку з чим виникає необхідність впровадження концептуальних основ STEM/STEAM-освіти у навчальний процес закладів освіти.

У процесі дослідження обґрунтовано, що освітня робототехніка є перспективним напрямом STEAM-освіти. Зважаючи на те, що робототехніка вже відіграє важливу роль у різних галузях суспільної діяльності й на те, що її роль в майбутньому буде посилюватись, необхідно готувати до цього нинішнє покоління учнів, в тому числі до майбутніх професій, пов'язаних з робототехнічною галуззю. Це вказує на необхідність введення освітньої робототехніки в навчальний процес закладів середньої освіти і, відповідно, підготовки вчителів до її навчання. Таким чином, обґрунтовано необхідність оновлення змісту навчання шкільної та університетської освіти відповідно до

вимог сьогодення. Тому на сьогодні особливого значення набувають питання впровадження освітньої робототехніки у навчальний процес закладів вищої педагогічної освіти як обов'язкової складової підготовки майбутніх учителів, оскільки:

- аналіз питань впровадження освітньої робототехніки в заклади освіти, стану підготовки майбутніх учителів до її навчання, розробленості даної проблеми дослідження у педагогічній теорії і практиці показав, що на теперішній час відсутній системний підхід до підготовки майбутніх учителів, які будуть навчати освітньої робототехніки, що, в тому числі, підтверджується і результатами аналізу освітніх програм підготовки майбутніх учителів інформатики, технологій і природничо-математичних дисциплін закладів вищої педагогічної освіти;
- в українському освітньому просторі утворюються спільноти освітян, які або вже навчають, або хотіли б навчати учнів освітньої робототехніки в школах за рахунок варіативної складової, на факультативах, гуртках, в закладах позашкільної освіти, переважно за авторськими програмами;
- за умов відсутності на сьогодні за Державним стандартом освіти в Україні окремої освітньої галузі "Робототехніка" найбільш готовими до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти є майбутні вчителі інформатики.

3. На основі аналізу наукових і методичних джерел уточнено понятійний апарат дослідження, зокрема:

- *цифрова трансформація* – фундаментальні зміни в організаційній структурі певної галузі (екосистеми, на виробництві, в компанії) шляхом оптимальної інтеграції традиційних процесів з цифровими технологіями з їх поетапним впровадженням на всіх рівнях функціонування, до яких також належать зміни в способі мислення і вимогах до компетентностей працівників, в тому числі й через появу нових професій;

- *освітня робототехніка* – міжпредметний напрям навчання учнів з використанням роботів і робототехнічних систем, у процесі якого інтегруються знання зі STEAM-предметів (фізики, технологій, математики, природничих наук, дизайну), кібернетики, мехатроніки, інформатики;
- *компетентності у галузі освітньої робототехніки* – здатність особистості використовувати знання, уміння й навички в галузі освітньої робототехніки, а також способи мислення, цінності, особисті якості, завдяки яким людина може застосовувати ці знання, уміння й навички належним чином на робочому місці, в освіті, у своєму повсякденному житті для ефективного виконання технічних і/або професійних задач, в тому числі для здійснення інноваційної діяльності у даній галузі.

На основі досліджень провідних українських і зарубіжних учених даної галузі розроблено структуру компетентностей учителя в галузі освітньої робототехніки, до складових якої належать: інтегральна STEAM-компетентність; дослідницька, інформаційно-комунікаційна, методична компетентності; гнучкі навички. Відповідно до побудованої структури компетентностей у галузі освітньої робототехніки для вчителів визначено такі рівні їх сформованості: *низький, базовий, достатній, високий*. Для оцінювання компетентностей розроблено відповідні критерії (*ціннісно-мотиваційний, когнітивний, діяльнісний, рефлексивний*), дібрано методи та інструменти оцінювання.

На основі узагальнення досвіду практикуючих освітян, які навчають освітньої робототехніки та досліджують питання підготовки майбутніх учителів до її навчання, попередніх досліджень автора цієї роботи і власного досвіду визначено, що найбільш готовими до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти є *майбутні вчителі інформатики*. Проведений аналіз освітніх програм підготовки майбутніх учителів (інформатики, технологій і природничо-математичних дисциплін) показав, що підготовка

майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в українських школах зумовлена їх ґрунтовною фундаментальною підготовкою у галузі програмування (що є базовим для навчання робототехніки), інформатичних і природничо-математичних дисциплін.

У процесі підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки необхідно враховувати особливості сучасного покоління студентів (як покоління Y відповідно до теорії поколінь Н. Хоува і У. Штрауса), до яких належать: гнучкість мислення, здатність до швидкого накопичення досвіду, залежність від цифрових технологій, високий рівень володіння сучасними засобами комунікацій, мобільність. Урахування цих особистісних характеристик сприятиме підвищенню мотивації студентів до навчання та ефективності використання інноваційних методів і способів навчання

До особливостей підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки також належить те, що, за умов відсутності на сьогодні за Державним стандартом освіти в Україні окремої освітньої галузі "Робототехніка", вони будуть працювати в умовах невизначеності. Тому студентів необхідно підготувати до такої роботи: навчити оцінювати фонд аудиторних годин, нарощувати матеріальну складову (комп'ютери, робототехнічні платформи, конструктори тощо), враховувати наявні педагогічні умови при розробці навчальних програм відповідно до потужностей закладу освіти.

4. Теоретично обґрунтовано і розроблено модель формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики, системний характер якої забезпечується взаємозв'язком і взаємозумовленістю її компонентів (*методологічного-цільового, змістово-методичного, процесуально-організаційного та діагностично-результативного блоків*).

У *методологічно-цільовому блоці* зазначено мету розробки даної моделі – формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх

учителів інформатики. Відповідно до *змістово-методичного блоку* забезпечується досягнення основної мети розробки та використання основних компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти. Це відбувається за рахунок добору відповідних змісту, методів і технологій навчання освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики. *Змістовий компонент* містить опис змісту ОПП студентів з освітньої робототехніки. Для забезпечення її ефективного навчання і формування відповідних компетентностей було здійснено добір *методів і технологій навчання*.

У *процесуально-організаційному блоці* показано зв'язок розроблених основних компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти із педагогічними умовами формування компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики, до яких належать: оновлення змісту підготовки майбутніх учителів інформатики в контексті навчання освітньої робототехніки відповідно до вимог цифрового суспільства; створення інформаційно-освітнього середовища для навчання освітньої робототехніки; створення у студентів мотивації до неперервного саморозвитку в галузі робототехніки; підготовка кадрів у галузі освітньої робототехніки для вищої школи.

У *діагностично-результативному блоці* визначено критерії і показники оцінювання рівнів сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки майбутніх учителів інформатики (*ціннісно-мотиваційний, когнітивний, діяльнісний, рефлексивний*), що відповідають складовим цієї компетентності. Діагностику рівнів сформованості компетентностей у галузі освітньої робототехніки (*низький, базовий, достатній, високий*) пропонується здійснювати шляхом таких методів оцінювання, як: тематичні і підсумкові тестування навчальних досягнень студентів; аналіз результатів виконання лабораторних і самостійних робіт, індивідуальних та групових проєктів з

використанням робототехнічних систем, взаємооцінювання; опитування з використанням тестів для визначення ставлень, особистих якостей, способів мислення.

5. У процесі дослідження розроблено окремі компоненти методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки (розроблено мету, зміст навчання, дібрано методи і технології навчання).

Визначено цілі підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки, до найважливішої з яких належить підготовка майбутніх учителів інформатики до формування в учнів відповідних компетентностей у галузі освітньої робототехніки, а також уміння формувати і підтримувати в учнів мотивацію до навчання робототехніки і суміжних дисциплін.

Зміст навчання добирався з урахуванням змісту освітніх програм підготовки майбутніх учителів інформатики, вітчизняного і зарубіжного досвіду навчання освітньої робототехніки, змісту навчальних програм з освітньої робототехніки у закладах середньої освіти. Методи і технології навчання було дібрано відповідно до принципів організації ефективного освітнього процесу. Основними *методами і технологіями навчання* є: проблемно-пошукові, дослідницькі, метод проєктів, навчання, засноване на дослідженні, метод моделювання, взаємонавчання, гейміфікація, мейкерство.

Для забезпечення ефективної підготовки студентів з освітньої робототехніки доцільним є використання таких основних *форм навчання*: лекцій (в тому числі онлайн та відеолекцій), лабораторних занять (в тому числі в онлайн середовищах і віртуальних лабораторіях), індивідуальної і групової роботи через виконання STEAM-проєктів (онлайн проєктів), дослідницької діяльності, самостійної роботи, онлайн консультацій. Основними *засобами навчання* освітньої робототехніки є: *спеціалізоване апаратне забезпечення* (робототехнічні платформи і конструктори, датчики, сенсори, комп'ютери,

мобільні пристрої, засоби зв'язку), відповідне *програмне забезпечення* (емулятори робототехнічних платформ, мови програмування, онлайн середовища для навчання робототехніки, віртуальні лабораторії, віртуальні середовища, засновані на дослідженні, хмарні сервіси на основі інтернету речей, технології на основі доповненої реальності, а також *ресурси для навчання освітньої робототехніки* (контент навчальних дисциплін з освітньої робототехніки; відповідні розроблені дистанційні курси, навчальні посібники з освітньої робототехніки; MOOC, засоби соціальних медіа).

Для забезпечення ефективності реалізації окремих компонентів методичної системи підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти обґрунтовано відповідні етапи її впровадження в заклади вищої педагогічної освіти, до яких належать: визначення мети впровадження компонентів методичної системи; оцінювання наявної матеріально-технічної бази для забезпечення освітнього процесу з робототехніки і освітньої робототехніки; визначення рівня готовності педагогічних кадрів до навчання робототехніки і освітньої робототехніки, в тому числі володіння ними відповідним програмним забезпеченням; розробка відповідного методичного забезпечення (приведення/оновлення наявного методичного забезпечення навчання освітньої робототехніки у відповідність до мети впровадження компонентів методичної системи); побудова інформаційно-освітнього середовища для навчання освітньої робототехніки; проектування і підтримка освітнього процесу з освітньої робототехніки.

6. Результати педагогічного експерименту дозволяють стверджувати, що ефективність підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти підвищується за умови теоретико-методичного обґрунтування і цілеспрямованого використання розроблених окремих компонентів методичної системи, що, в свою чергу, сприяє формуванню у майбутніх учителів інформатики компетентностей у галузі освітньої робототехніки.

Виконане дослідження надало можливість констатувати виконання поставлених завдань, підтвердження загальної і часткових гіпотез. Отримані результати дали змогу намітити деякі напрями подальших досліджень:

- визначення шляхів навчання освітньої робототехніки в умовах змішаного і дистанційного навчання;
- визначення ефективності навчання освітньої робототехніки засобами неформальної освіти;
- визначення можливостей використання компонентів розробленої методичної системи підготовки до навчання освітньої робототехніки для майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін і слухачів системи підвищення кваліфікації педагогічних кадрів.

Перелік термінів і понять

3D-друкування – процес виконання ряду повторюваних операцій (нанесення на робочий стіл установки тонкого шару витратних матеріалів). Цикли друкування неперервно слідують один за одним: на попередній шар матеріалів наноситься наступний. Технологія 3D-друкування є адитивною технологією.

3D-принтер – спеціальний пристрій, використання якого забезпечує створення фізичного об'єкта, що відповідає заданим параметрам, з віртуальної комп'ютерної 3D-моделі з призначеного для цього матеріалу шляхом його послідовного накладання.

BYOD (від англ. *Bring Your Own Devices* – "візьми свій власний пристрій"). Цей принцип пов'язаний з використанням смартфонів, планшетів, нетбуків та інших цифрових пристроїв для навчальних занять. При цьому учні (студенти) застосовують свої власні пристрої, тобто пристрої не надаються закладом освіти.

Hard skills (від англ. "тверді навички") – це вузькоспеціалізовані навички (або навички, пов'язані з фахом), використання яких дозволяє працювати в межах конкретної професії, сталих умовах тощо. Зазвичай наявність цих навичок ефективна для вирішення типових завдань, характерних для однієї галузі діяльності.

O*NET (Occupational Information Network - "Професійна інформаційна мережа") - бази даних професій діючих працівників у США.

Soft skills (від англ. "м'які навички" або "гнучкі навички") – комплекс неспеціалізованих, надпрофесійних якостей і навичок особистості, використання яких сприяє успішній участі в робочому процесі, високій

продуктивності. На відміну від професійних, спеціалізованих навичок (*hard skills*) ці навички не пов'язані з конкретною галуззю діяльності.

STEAM-компетентність – здатність особистості використовувати знання, уміння й навички в галузі STEAM-предметів, а також способи мислення, цінності, особисті якості, завдяки яким людина може застосовувати ці знання, уміння й навички належним чином на робочому місці, в освіті, у своєму повсякденному житті для ефективного виконання технічних і/або професійних задач, в тому числі для здійснення інноваційної діяльності у галузі STEAM.

STEM (акронім *STEM* від англ.: *S – Science* (природничі науки), *T – Technology* (технології), *E – Engineering* (технічна творчість, інженерія, проектування), *M – Mathematics* (математика)) – це концепція, навчальна система, що використовується розвиненими країнами в різних ланках освіти з метою напрацювання у дітей та молоді навичок, потрібних для того, щоб бути успішними у XXI столітті та сприяти інноваційному розвитку країни в цілому.

STEM-освіта – це напрям в освіті, в умовах використання якого в навчальних програмах посилюється природничо-науковий компонент із застосуванням інноваційних технологій. Розвиток STEM напрямів в освіті має вирішальне значення для розвитку сучасного суспільства, оскільки STEM освіта є основою для підготовки фахівців у галузі високих технологій.

Адитивні технології – одна з форм технологій адитивного виробництва, з використанням якої тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу (процес друкування або вирощування).

Аутсорсинг (від англ. *outsourcing*; укр. *підрядництво*) – передавання компанією частини завдань стороннім виконавцям.

Блокчейн (від англ. *Blockchain*) – це структурована розподілена база даних, в яку дані вносяться в певній строгій послідовності. Кожен блок містить в собі

набір записів (дані), в результаті чого створюється своєрідний "реєстр даних". Змістовно блок може містити будь-які дані: про дії, людей, об'єкти, трансакції, серійні номери тощо. Дана технологія заснована на сучасних криптографічних алгоритмах.

Віртуальна реальність (від англ. *virtual reality*) – світ, створений із використанням технічних засобів, який може сприймати людина через відчуття: зір, слух, нюх, дотик тощо. Фактично це комп'ютерна тривимірна модель фізичного середовища, в якому користувач може рухатися та взаємодіяти з об'єктами цього середовища.

Гейміфікація – це використання ігрових практик та механізмів у неігровому контексті для залучення користувачів до вирішення проблем. В основі стратегії гейміфікації лежить винагородження за виконані завдання, до якого належать різні види заохочень (бали, відзнаки, рівні, індикатори прогресу, віртуальна валюта та ін.). Важливим елементом гейміфікації є конкуренція, яка надає можливість стимулювати учасників виконувати завдання шляхом заохочення інших учасників нагородами, бонусами тощо.

Доповнена реальність (від англ. *augmented reality*) – технологія інтерактивної комп'ютерної візуалізації, що дозволяє доповнити зображення реального світу віртуальними елементами і відображає його на екрані пристрою. За допомогою цієї технології у користувачів формується сприйняття віртуальних образів у реальному світі, а не шляхом створення альтернативного світу.

Економіка спільного використання (*collaborative consumption* або *sharing economy*, від англ. *to share* – ділитися) – економічна бізнес-модель, головною ідеєю якої є те, що люди за допомогою технологій можуть обмінюватися речами, якими вони в цей час не користуються або використовують їх спільно з іншими.

Емоційний інтелект (*EI*, від англ. *Emotional Intelligence*) – група ментальних здібностей, призначених для усвідомлення та розуміння власних емоцій та емоцій оточуючих.

Змішана реальність (від англ. *mixed reality*) – це оточення, створене із прив'язкою до реального світу. У змішаній реальності в звичайне середовище людини додаються віртуальні елементи, що приєднані до свого місця в просторі для того, щоб спостерігач сприймав їх, як реальні.

Змішане навчання (від англ. – *blended learning*) – поєднання онлайн навчання, традиційного (очного) та самостійного навчання у різних співвідношеннях. Інші назви змішаного навчання: "гібридне навчання" (від англ. – *hybrid learning*), "гнучке навчання" (від англ. – *flexible learning*).

Індустрія 4.0 (Industry 4.0) – це трансформація виробничої галузі шляхом поєднання традиційних технологій з інноваційними цифровими технологіями, такими як робототехніка, штучний інтелект, сенсорні датчики, хмарні технології, технології інтернету речей тощо, синхронізованими зі смартфонами та багатьма іншими сучасними пристроями й додатками.

Інтернет речей (від англ. *Internet of Things (IoT)*) – мережа фізичних об'єктів, систем, платформ та програм, що містять вбудовані датчики для обміну даними в режимі реального часу).

Когнітивні навички - пізнавальні здібностей, що забезпечують можливість опрацювання даних, формування уваги, пам'яті, аналітичного, критичного мислення і креативних якостей, здатність до навчання, аналізу, оцінювання, порівняння і планування дій, пошуку ідей, прийняття рішень, аргументації, проведення спостережень, опрацювання результатів та підготовки висновків. Ці навички дають змогу оперувати числами для ідентифікації, систематизації,

критичного оцінювання комплексу проблем та пошуку шляхів їх розв'язування, що є складовою математичного мислення.

Компетентності у галузі освітньої робототехніки – здатність особистості використовувати знання, уміння й навички в галузі освітньої робототехніки, а також способи мислення, цінності, особисті якості, завдяки яким людина може застосовувати ці знання, уміння й навички належним чином на робочому місці, в освіті, у своєму повсякденному житті для ефективного виконання технічних і/або професійних задач, в тому числі для здійснення інноваційної діяльності у даній галузі.

Масиви великих даних (від англ. *Big Data*) – об'єднання джерел даних в єдину систему для економічно ефективного збирання, аналізу та обміну ними.

Масовий відкритий онлайн курс (МООС, від англ. *massive open online course*) – навчальний курс з масовою інтерактивною участю тих, хто навчається з застосуванням технологій електронного навчання та відкритим доступом через інтернет, одна з форм дистанційної освіти. У таких курсах може брати участь велика кількість учасників, яким надається вільний доступ до усіх навчальних матеріалів через інтернет. Початкова мета МООС – надати безкоштовний доступ до навчальних ресурсів для великої кількості студентів з різних країн.

Медіаграмотність (*медійна грамотність*) – сукупність знань, навичок та умінь, що дозволяють людям аналізувати, критично оцінювати й створювати повідомлення різних жанрів і форм для різних типів медіа, а також розуміти й аналізувати складні процеси функціонування медіа в суспільстві та їхній вплив.

Мехатроніка (від англ. *mechatronics*) – галузь науки та техніки, заснована на поєднанні вузлів точної механіки з електронними, електротехнічними і комп'ютерними компонентами, що забезпечують проектування і виробництво систем і машин з інтелектуальним управлінням їх функціональними рухами.

Мобільне навчання – навчання з використанням мобільних технологій як окремо (наприклад, дистанційна система навчання для мобільних пристроїв), так і спільно з іншими ІКТ для організації навчального процесу незалежно від місця й часу.

Неформальна освіта – це одержання нових знань про різні сторони життя за допомогою навчання через різні курси, гуртки за інтересами, майстер-класи та ін. В межах неформальної освіти, як правило, не потрібні попередні умови для початку навчання (попередня підготовка, вікові межі тощо), не ставляться жорсткі вимоги до місця, часу, термінів, форм і методів навчання, що дає змогу включитися до процесу навчання значно більшій кількості людей, ніж у формальну освіту.

Освітня робототехніка – міжпредметний напрям навчання учнів з використанням роботів і робототехнічних систем, у процесі якого інтегруються знання зі STEAM-предметів (фізики, технологій, математики, природничих наук, дизайну), інформатики, мехатроніки, кібернетики. Навчання освітньої робототехніки відповідає *ідеям випереджального навчання* (навчання технологій, які будуть потрібні в майбутньому) і дозволяє залучити учнів різного віку до процесу інноваційної та науково-технічної творчості.

Оцифровування, оцифрування (від англ. *digitization, digitizing*) – технічний процес перетворення потоків аналогових даних у цифровий формат (в біти).

Робот – універсальний автомат для здійснення механічних дій, подібних до тих, які робить людина при виконанні фізичної роботи (*класичне поняття*).

Робототехніка (від *робот* і *техніка*; англ. – *robotics*) – прикладна наука, в якій вивчається проектування, розробка, конструювання, експлуатація та використання роботів. Робототехніка орієнтована на створення робототехнічних систем, призначених для автоматизації складних

технологічних процесів і операцій, у т. ч. таких, що виконуються в недетермінованих умовах, для заміни людини при виконанні важких, монотонних і небезпечних робіт (при високій температурі, високому рівні радіації, вібрації, шуму, при дії хімічних токсичних речовин тощо), а також для підвищення продуктивності праці та якості продукції.

Розумна фабрика (Smart Factory) – це завод, обладнання на якому автоматизоване, управляється комп'ютером і завдяки якому можна отримати зворотні дані про стан об'єкта в фізичному просторі за допомогою сенсорів.

Сенсор або датчик (від англ. *sensor*) – пристрій для перетворення деякої фізичної величини в електричний сигнал. Сенсори є по суті нервовою системою робота і призначені для забезпечення зворотного зв'язку між контролером і навколишнім світом. Оскільки на поведінку автоматичної системи можуть впливати багато фізичних факторів, існує багато різних сенсорів для фіксації цього.

Сервомотор (сервопривід) – пристрій у системах автоматичного регулювання або дистанційного керування, який за рахунок енергії допоміжного джерела здійснює механічне переміщення регулюючого органу відповідно до отримуваних від системи керування сигналів.

Штучний інтелект (від англ. *Artificial intelligence, AI*) – розділ комп'ютерної лінгвістики та інформатики, що займається формалізацією проблем та завдань, які нагадують завдання, що може виконувати людина, технічна (в усіх сучасних випадках спроб практичної реалізації – комп'ютерна) система з має певними ознаками інтелекту (розпізнавання образів, розуміння; знаходження способів досягнення результату, прийняття рішень, навчання).

Форсайт (від англ. *foresight* – погляд в майбутнє, передбачення) – соціальна технологія, використання якої дозволяє учасникам спільно створювати прогноз

розвитку окремої галузі, регіону або країни і, на його основі, домовлятися про спільні дії для досягнення потрібних результатів. Ця технологія активно використовується як в бізнесі, так і в державному управлінні.

Фриланс – виконання певних робіт фахівцями – *фрилансерами* (від англ. *freelancer*), які є фактично позаштатними працівниками компанії.

Хмарні технології – технології розподіленого опрацювання даних, з використанням яких комп'ютерні ресурси та потужності надаються користувачеві як інтернет-сервіс.

Цифровізація (від англ. *digitalization*) – процес перетворення та/або удосконалення діяльності підприємств, бізнес-моделей, ділових функцій, комунікацій, застосування онлайн-платформ, підготовки та перепідготовки персоналу для роботи у нових умовах тощо на основі широкого використання цифрових технологій та оцифрованих даних.

Цифрова економіка – усі види економічної діяльності, що базуються на широкому використанні оцифрованих даних та цифрових технологій.

Цифрова трансформація (від англ. *digital transformation*) – фундаментальні зміни в організаційній структурі певної галузі (екосистеми, на виробництві, в компанії) шляхом оптимальної інтеграції традиційних процесів з цифровими технологіями з їх поетапним впровадженням на всіх рівнях функціонування, до яких також належать зміни в способі мислення і вимогах до компетентностей працівників, в тому числі й через появу нових професій.

Цифрові технології (згідно з аналітичними звітами Давоського економічного форуму): інтернет речей, роботизація та кіберсистеми, штучний інтелект, великі дані, безпаперові технології, адитивні технології (3D-друкування), хмарні та туманні обчислення, безпілотні та мобільні технології, біометричні технології, квантові технології, технології ідентифікації, блокчейн.

Цифрові тренди (тенденції) – це напрями розвитку цифрових технологій. Аналіз цифрових трендів дає змогу прогнозувати розвиток конкретного економічного, технологічного та навіть соціального явища в майбутньому.

Цифровий розрив (цифрова нерівність) – нерівність у доступі до можливостей в економічній, соціальній, культурній, освітній галузях, які існують або поглиблюються в результаті неповного, нерівномірного або недостатнього доступу до комп'ютерних, телекомунікаційних та цифрових технологій. Цифровий розрив може бути, зокрема, штучним, тобто таким, що стався внаслідок надзвичайної події, наприклад через вандалські дії в телекомунікаційній інфраструктурі оператора.

Цифрове суспільство – це суспільство, яке інтенсивно та продуктивно використовує цифрові технології для власних потреб – самореалізації, роботи, відпочинку, навчання, дозвілля, а також для досягнення та реалізації спільних економічних, суспільних та громадських цілей.

Список використаних джерел

1. 100 питань для визначення soft skills (2019, січень 21). Huma. URL: <https://hurma.work/blog/100-pitan-dlya-viznachennya-soft-skills/> (дата звернення: 12.05.2020).
2. 2020 EDUCAUSE Horizon Report. Teaching and Learning Edition. Louisville, CO: EDUCAUSE, 2020. 58 p. ISBN: 978-1-933046-03-7. Retrieved from: https://library.educause.edu/-/media/files/library/2020/3/2020_horizon_report_pdf.pdf?la=en&hash=08A92C17998E8113BCB15DCA7BA1F467F303BA80 (accessed on 22.04.2020).
3. Азьмук Н. Сущность, особенности и функции цифрового рынка труда. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка. 2015. 5(170). С. 38-43. DOI: dx.doi.org/10.17721/1728-2667.2015/170-5/7. ISSN 1728-3817. URL: https://www.researchgate.net/publication/340277462_Modern_Labor_Market_Challenges_during_the_Transition_to_Digital_Economy (дата звернення: 02.05.2020).
4. Акбутин Э.А., Доромейчук Т.Н. 3D-принтер: история создания машины будущего. Юный ученый. 2015. №1. С. 97-98. URL: <https://moluch.ru/young/archive/1/64> (дата обращения: 31.03.2020).
5. Алексеева Г.М., Бабич П.М. Використання платформи Arduino для професійної підготовки майбутніх інженерів-педагогів. Фізико-математична освіта. 2018. Випуск 4 (18). С. 12-16. URL: https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2018-v4-18/2018_4-18-Aleksieieva_Babych_FMO.pdf (дата звернення: 12.04.2020).
6. Андреев Д.В., Метелкин Е.В. Повышение мотивации к изучению программирования у младших школьников в рамках курса робототехники. Педагогическая информатика. 2015. Вып. 1. С. 40-49.

7. Анисимов Д.А. Основы робототехники на базе LEGO Mindstorms EV3 обучающе-контролирующая программа: бакалаврская работа: 02.03.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / Д.А. Анисимов [науч. руководитель А.Ф. Чульдун]; Тувинский Государственный Университет, Кызыл. 2016. 74 с. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=492828> (дата обращения: 26.05.2020).
8. Атлас новых профессий (2014). Москва. Сколково. 168 с. URL: <https://tiei.ru/wp-content/uploads/Atlas-novyih-professiy.pdf> (дата обращения: 02.05.2020).
9. Бабаєв В.М., Стадник Г.В., Момот Т.В. Цифрова трансформація в сфері вищої освіти в умовах глобалізації. *Комунальне господарство міст*, 2019, том 2, випуск 148; ISSN 2522-1817. DOI 10.33042/2522-1809-2019-2-148-2-9.
10. Балик Н.Р., Барна О.В., Шмигер Г.П. Впровадження STEM-освіти у педагогічному університеті. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції з міжнародною участю (м. Тернопіль, 9-10 листопада 2017 р.). Тернопіль, 2017. №1. С. 11-14. URL: <http://conf.fizmat.tnpu.edu.ua/media/magazin/2017/09.11.2017.pdf> (дата звернення: 03.12.2018).
11. Балик Н.Р., Шмигер Г.П. Підходи та особливості сучасної STEM-освіти. *Фізико-математична освіта*. 2017. Випуск 2(12). С. 26-30. URL: https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2017-v2-12/2017_2-12-BalykShmyger_Scientific_journal_FMO.pdf (дата звернення: 10.04.2020).
12. Барабаш Ю.Г., Позінкевич Р.О. Педагогічна майстерність. Навч. посіб. Луцьк: Вежа-Друк, 2015. 392 с.
13. Баранов С.С. Навчання основ робототехніки учнів основної школи на базі платформи JIMU ROBOT: магістерська робота: 122 "Комп'ютерні науки та

інформаційні технології" / С.С. Баранов [наук. керівник: О.В. Струтинська]. НПУ імені М.П. Драгоманова. Київ. 2018. 55 с.

14. Барна О.В. Впровадження STEM-освіти у навчальних закладах: етапи та моделі. STEM-освіта та шляхи її впровадження в навчально-виховний процес: збірник матеріалів I регіональної науково-практичної веб-конференції, м. Тернопіль, 24 травня 2017 р. Тернопіль: ТОКІППО, 2017. С. 3-8. URL: <http://elar.ippo.edu.te.ua:8080/handle/123456789/4559> (дата звернення: 03.03.2020).
15. Барна О.В., Кузьмінська О.Г. Визначення готовності закладу вищої освіти до цифрової трансформації. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи*, 30 квітня 2020, №5. С. 92-94. URL: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/15374/1/31_Barna_Kuzminska.pdf (дата звернення: 21.07.2020).
16. Басараба Н.А. Про особливості цифровізації в діяльності закладів освіти Рівненщини. *Сучасні тенденції розвитку інформаційно-комунікаційних технологій в освіті: зб. Матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції в рамках Міжнародного освітнього форуму "Цифрова трансформація освіти"*. Рівне: РОІППО, 2020. С. 8-11. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/719292/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2%20%D0%86%D0%A4-2020.pdf> (дата звернення: 12.07.2020).
17. Биков В.Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти: монографія. Київ: Атіка, 2008. 684 с.
18. Биков В.Ю., Яцишин А.В. Освітньо-наукова система формування наукових та науково-педагогічних кадрів з цифрової трансформації української освіти і науки. *Інформаційні технології в освіті*. 2019. № 4 (41). С. 7-20.

ISSN 1998-6939. DOI: 10.14308/ite000705. URL:
http://ite.kspu.edu/webfm_send/1068 (дата звернення: 12.05.2020).

19. Білоус В. Мобільні навчальні додатки в сучасній освіті. Освітологічний дискурс. 2018. № 1-2 (20-21). ISSN Online: 2312-5829. URL: <https://od.kubg.edu.ua/index.php/journal/article/download/511/431/1353> (дата звернення: 06.04.2020).
20. Боднар О. (2018, 22 січня). Цифровізація та конкурентоспроможність бізнесу – ключові драйвери розвитку української економіки. URL: <https://business.ua/litsa/item/2452-tsifrovizatsiya-ta-konkurentospromozhnist-biznesu-klyuchovidrajveri-rozvitku-ukrajinskoji-ekonomiki> (дата звернення: 26.04.2020).
21. Боровик Д.В., Вовковінська Н.В., Войченко О.П. Програма курсу "Технічна творчість. Робототехніка 5-9 класи". *Комп'ютер у школі та сім'ї*. Київ, 2017, №3. С. 12-17.
22. Бугачук К.С. Змішане навчання: теоретичний аналіз та стратегія впровадження в освітній процес вищих навчальних закладів. Інформаційні технології і засоби навчання, 2016, Том 54, №4. С. 1-18. ISSN: 2076-8184. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v54i4.1434>. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1434/1070> (дата звернення: 12.04.2020).
23. Бужинская Н.В., Гребнева Д.М. Развитие ИКТ-компетентности будущих учителей информатики в процессе изучения робототехники. Самарский научный вестник. 2018. Т.7. №2. С. 229-233. doi: [10.17816/snv201872303](https://doi.org/10.17816/snv201872303). URL: <https://snv63.ru/2309-4370/article/view/21778/18018> (дата звернення: 30.01.2020).
24. Бужинская Н.В., Гребнева Д.М., Макаров И.Б. Проектирование электронного учебного курса по робототехнике для студентов специальности 09.02.05 "Прикладная информатика (в экономике)". *Современные проблемы науки и образования*. 2017. №2. URL:

- <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26204> (дата обращения: 30.01.2020).
25. Буров С.П. Разработка комплекса рекомендаций для составления методического пособия к роботу ScEdVo: магистерская диссертация: 09.04.03 "Прикладная информатика" / С.П. Буров [науч. руководитель: Ю.О. Лобода]. НИ ТГУ. Томск. 2018. 88 с.
26. Вакалюк Т.А. Можливості використання хмарних технологій в освіті. Актуальні питання сучасної педагогіки. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Острог, 1-2 листопада 2013 року). Херсон: Видавничий дім "Гельветика", 2013. С. 97-99. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/10137/1/%D0%92%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D0%BA%20%D0%A2.%D0%90..pdf> (дата звернення: 09.08.2020).
27. Валько Н. Аналіз освітніх програм навчання майбутніх вчителів у контексті STEM-освіти. Молодь і ринок №10 (177), 2019. С. 101-106. URL: <http://mir.dspu.edu.ua/article/view/187259/186552> (дата звернення: 26.04.2020).
28. Валько Н.В. Робототехніка як засіб підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін. Інформаційні технології в освіті. 2019. № 3 (40). ISSN 1998-6939. DOI: 10.14308/ite000701. URL: <http://ite.kspu.edu/issue-40/p-38-47/full> (дата звернення: 22.05.2020).
29. Валько Н.В. Система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04. Запоріжжя, 2020. 510 с. URL: http://virtuni.education.zp.ua/info_cpu/sites/default/files/!%D0%92%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%BE_%D0%B4%D0%B8%D1%81.pdf (дата звернення: 10.10.2020).
30. Василюк А.Д., Клименко П.О., Ніфантьєв К.С. *Програма курсу за вибором "Робототехніка" для учнів 8-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів.*

2018. URL: http://ies.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/GRIF_PROG_WEB.pdf (дата звернення: 11.09.2019).
31. Вдовиченко Ю.В. Цифрові технології як основа та рушійна сила розвитку сучасної глобальної економіки. Економіка та держава. 2018. №1. С. 79-82. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/1_2018/17.pdf (дата звернення: 21.06.2020).
32. Вегнер К.А. Внедрение основ робототехники в современной школе. Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2013. Вып. 74, т. 2. С. 17-19.
33. Відділ STEM-освіти – Інститут модернізації змісту освіти. URL: <https://imzo.gov.ua/proimzo/struktura/viddil-stemosviti> (дата звернення: 04.03.2020).
34. Вознюк А.В., Юхневич Р.С. SMART-освіта в контексті теорії поколінь. 36. тез V Всеукр. науково-практичної конференції молодих науковців "Інформаційні технології – 2018" (17 трав. 2018 р., м. Київ). Київ, 2018. С. 32-33. URL: https://fitu.kubg.edu.ua/images/stories/Departments/kitmd/Internet_conf_17.05.18/s1/1_Vozniuk_Yukhnevych.pdf (дата звернення: 16.04.2020).
35. Володченко А.Є., Стрижак О.Є., Храпач Г.С. Трансдисциплінарний характер операціональності розвитку обдарованості учнівської молоді. Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія та практика. Вип. 16. Київ: Інститут обдарованої дитини, 2016. С. 100-110.
36. Волошко В.Г. Сучасні виклики інформаційного суспільства в аспекті формування медіаграмотності майбутніх педагогів. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології, 2015, № 9 (53). С. 3-12. URL: <http://repository.sspu.sumy.ua/bitstream/123456789/1889/1/Suchasni%20vyklyky%20informatiinoho%20suspilstva.pdf> (дата звернення: 20.05.2020).

37. Глазова В., Кайдан Н. Напрями підготовки майбутніх учителів математики в умовах упровадження цифрових технологій. *Професіоналізм педагога: теоретичні й методичні аспекти*. Слов'янськ. Вип. 10. 2019. С. 213-222. DOI: <https://doi.org/10.31865/2414-9292.10.2019.182193>. URL: <http://pptma.dn.ua/index.php/files/141/10/46/26GlazovaKaydan213-222.pdf> (дата звернення: 12.04.2020).
38. Глазунова О., Волошина Т. Розвиток Софт Скілз у майбутніх фахівців з інформаційних технологій засобами гібридного інформаційно-освітнього середовища університету. Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі: матеріали 8-ої Науково-практичної конференції (22-24 листопада 2016 року, м. Львів). Львів: Видавництво Наукового товариства ім. Шевченка, 2016. С. 200-208. URL: http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/38197/1/39_200_208.pdf (дата звернення: 12.05.2020).
39. Глазунова О.Г., Волошина Т.В., Корольчук В.І. Розвиток "soft skills" у майбутніх фахівців з інформаційних технологій: методи, засоби, індикатори оцінювання. *Електронне наукове фахове видання "Відкрите освітнє Е-середовище сучасного університету"*. 2019. 93-106. ISSN: 2414-0325. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019s8> URL: <https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/256/pdf> (дата звернення: 12.05.2020).
40. Глоссарий по информационному обществу / Под общ. ред. Ю.Е. Хохлова. Москва. Институт развития информационного общества. 2009. 160 с. URL: <http://infosoc.iis.ru/old/docs/is.glossary.2009.pdf> (дата обращения: 28.04.2020).
41. Глузман О.В. Базові компетентності: сутність та значення в життєвому успіху особистості. Педагогіка і психологія. 2009. № 2. С. 51-61.
42. Годованюк Т.Л., Махомета Т.М., Тягай І.М. Інноваційні навчальні технології – основа модернізації методичної підготовки майбутнього

- вчителя математики. *Електронне наукове фахове видання "Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету", спецвипуск "Нові педагогічні підходи в STEAM освіті"*. 2019. С. 107-115. URL: <https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/217/pdf>, вільний (дата звернення: 25.03.2020).
43. Голобородько, Е.Н. Робототехника как ресурс формирования ключевых компетенций обучающихся. URL: <http://robot.uni-altai.ru/metodichka/publikacii/robototehnika-kak-resurs-formirovaniya-klyuchevyhkompetencyi-0> (дата обращения: 27.04.2020).
44. Гончаренко С. Український педагогічний словник. Київ: Либідь, 1997. 376 с.
45. Гончарова Н.О. Візуалізація навчальної інформації через використання технології доповненої реальності. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі". 18-19 квітня 2019 року, м. Київ. К.: Видавничий центр КНУКіМ, 2019. С. 37-38.
46. Гриневич Л. (2020, квітень 28). Освіта після пандемії. Частина 2. Тренди майбутнього шкільної освіти. НУШ. [Blog]. URL: <https://nus.org.ua/view/osvita-pislya-pandemiyi-chastyna-2-trendy-majbutnogo-shkilnoyi-osvity> (дата звернення: 06.08.2020).
47. Гриневич Л.М., Морзе Н.В., Бойко М.А. Наукова освіта як основа формування інноваційної компетентності в умовах цифрової трансформації суспільства. Інформаційні технології і засоби навчання. 2020. Т. 77, №3. С. 1-26. <https://doi.org/10.33407/itlt.v77i3.3980>. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3980/1659> (дата звернення: 30.08.2020).
48. Гуревич Р., Опушко Н. Цифровізація підготовки майбутніх учителів: досвід Німеччини. Збірник матеріалів Всеукраїнського науково-практичного семінару "Цифрова компетентність сучасного вчителя нової української

- школи: 2020" (Моделювання цифрового навчального середовища закладу загальної середньої освіти). 5 березня 2020 р. м. Київ. Київ: Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України: Київ, 2020. С. 29-33.
49. Гурова И.М., Евдокимова С.Ш. Теория поколений как инструмент анализа, формирования и развития трудового потенциала. МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016. Т. 7. No 3. С. 150-159. doi: 10.18184/2079-4665.2016.7.3.150.159.
50. Давидова І.В. Технологія блокчейн: перспективи розвитку в Україні. Часопис цивілістики. 2017. Вип. 26. С. 38-41. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Chac_2017_26_10 (дата звернення: 25.04.2020).
51. Данніков О.В., Січкаренко К.О. Концептуальні засади цифровізації економіки України. Економіка та управління національним господарством. 2018. Вип. 17. С. 73-79. URL: http://www.market-infr.od.ua/journals/2018/17_2018_ukr/15.pdf (дата звернення: 26.04.2020).
52. Денисенко К.О. Освітня робототехніка як універсальний інструмент для розвитку і виховання учнів закладів загальної середньої освіти: бакалаврська робота: 014.09 "Середня освіта (інформатика)" / К.О. Денисенко [наук. керівник: О.О. Гриб'юк]. НПУ імені М.П. Драгоманова. Київ. 2020. 163 с.
53. Дзюба С.М., Кіт І.В., Кіт О.Г., Мічуріна Г.В., Хачатрян С.А. *Навчальна програма курсу за вибором з трудового навчання та технічної творчості для 5-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів "Технологія керування робототехнічними системами"*. 2013.
54. Донченко В. (2017, лютий 27). Робототехніка в Україні: разработки и перспективы. DOU. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/robotics-in-ukraine> (дата звернення: 27.04.2020).
55. Дорош М. (2015, липень 21). Діти і технології: "піраміда цифрової поведінки". Media Sapiens. URL: <https://ms.detector.media/media-i->

diti/post/13763/2015-07-21-diti-i-tehnologii-piramida-tsifrovoi-povedinki/

(дата звернення: 20.05.2020).

56. Дрібноход Д. Робототехніка як напрям STEAM освіти. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції "STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку" (9-10 листопада 2017 р.), Київ: ДНУ "Інститут модернізації змісту освіти", 2017. С. 43-46. URL: http://man.gov.ua/upload/news/2017/12_11/Zbirnyk.pdf (дата звернення: 23.05.2020).
57. Дубровська Г.М., Ткаченко А.П. Системи сучасних технологій: навч. посіб. / За ред. А. П. Ткаченка. К.: Центр навчальної літератури, 2004. 352 с. ISBN 966-8568-05-2.
58. Дульська І.В. Цифрові технології як каталізатор економічного зростання. *Економіка і прогнозування*. 2015. №2. С. 119-133. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econprog_2015_2_11 (дата звернення: 17.05.2020).
59. Едель М. Впровадження STEAM-освіти в запорізькому обласному центрі науково-технічної творчості учнівської молоді "Грані". Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції "STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку" (9-10 листопада 2017 р.), Київ: ДНУ "Інститут модернізації змісту освіти", 2017. С. 47-50. URL: http://man.gov.ua/upload/news/2017/12_11/Zbirnyk.pdf (дата звернення: 23.05.2020).
60. Економічна стратегія України 2030. Український інститут майбутнього. URL: <https://strategy.uifuture.org/index.html> (дата звернення: 04.08.2020).
61. Емельянова Л.А. Преимущество дошкольного и начального общего образования в развитии конструкторских способностей детей в аспекте освоения робототехники: автореферат дисс. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Л.А. Емельянова [науч. руководитель И.Е. Емельянова]. Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. Челябинск. 2018. 22 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/preemstvennost->

[doshkolnogo-i-nachalnogo-obshchego-obrazovaniya-v-razvitiikonstruktorskikh/read](#) (дата обращения: 26.05.2020).

62. Ершов М.Г. Использование робототехники в преподавании физики. Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. 2012. №8. С.77-85.
63. Ершов М.Г. Робототехника как средство индивидуализации образовательного процесса по физике. Пермский педагогический журнал. 2014. №5. С. 104-109.
64. Жалдак М. І., Морзе Н.В., Рамський Ю.С. 20 років становлення і розвитку методичної системи навчання інформатики в школі та педагогічному університеті. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. Київ. Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова. 2006. № 4 (11). С. 3-13. URL: <https://sj.npu.edu.ua/index.php/kosn/article/view/585/476> (дата звернення: 26.04.2020).
65. Жалдак М.І. Про деякі методичні аспекти навчання інформатики в школі і педагогічному університеті. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. Київ. Вид-во НПУ ім. М.П. Драгоманова. 2005. № 2 (9). С. 3-14. URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/1250> (дата звернення: 26.04.2020).
66. Жалдак М.І. Система підготовки вчителя до використання інформаційно-комунікаційних технологій в навчальному процесі. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. Київ. Вид-во НПУ ім. М.П. Драгоманова. 2011. Вип. 11 (18). С. 3-16. URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/661> (дата звернення: 26.04.2020).
67. Жалдак М.І. Деякі особливості україномовної інформатичної термінології. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-

- орієнтовані системи навчання. Київ. НПУ імені М.П. Драгоманова. 2019. 21 (28). С. 3-9.
68. Задорожна О.В., Ковальов Ю.Г. Освітня робототехніка у навчанні фізики. *Наукові записки [Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти.* 2016. Вип. 9(2). С. 120-125. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/228640203.pdf> (дата звернення: 12.04.2020).
69. Ивонина А.И., Чуланова О.Л., Давлетшина Ю.М. Современные направления теоретических и методических разработок в области управления: роль soft skills и hard skills в профессиональном и карьерном развитии сотрудников. Интернет-журнал "Науковедение". 2017. №1. 1-18.
70. Индекс развития ИКТ – справочный документ (2019, сентябрь 30). ITU. URL: https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/IDI2019consultation/IDI_BackgroundDocument_R.pdf (дата звернення: 01.08.2020).
71. Ионкина Н.А. Особенности отечественного и зарубежного опыта подготовки педагогов к обучению робототехнике. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия "Информатизация образования".* 2018. Т. 15. № 1. С. 114-121. DOI: 10.22363/2312-8631-2018-15-1-114-121.
72. Іванова, Л.В., Скорнякова, О.В. "Soft skills" як важлива складова конкурентоспроможності фахівця з інформаційних технологій. *Young Scientist.* 2018. 12 (64). 83-87.
73. Ініціатива EU4Digital. EU4Digital. Retrieved from: <https://eufordigital.eu/uk/discover-eu/the-eu4digital-initiative> (accessed on 18.07.2020).
74. Інноваційні педагогічні методики в цифрову епоху: навчальний посібник / Колект. авторів О. Дзябенко, Н.В. Морзе, С.В. Василенко, Л.О. Варченко-Троценко та ін. Київ: КУБГ, 2020. 208 с.

75. Караваев Н.Л., Соболева Е.В., Вотинцева М.Л. Совершенствование сквозного курса робототехники для подготовки специалистов профессий будущего. Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2019. №3 (март). С. 44-58. DOI 10.24411/2304-120X-2019-11022. URL: <http://e-koncept.ru/2019/191022.htm> (дата обращения: 27.04.2020).
76. Карплюк С.О. Особливості цифровізації освітнього процесу у вищій школі. Матеріали методологічного семінару НАПН України "Інформаційно-цифровий освітній простір України: трансформаційні процеси і перспективи розвитку" (4 квітня 2019 р., м. Київ). Київ. 2019. С. 188-197.
77. Киселёв О.М. Математические основы робототехники. Орёл: Издательство "Картуш", 2019. 228 с. URL: https://drive.google.com/file/d/1hGAG4WONTpLwOmovh1CF5RT_Fe-0oVQU/view (дата обращения: 20.03.2020).
78. Кіндратець О. Проблеми цифрової трансформації освіти. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Освіта як чинник формування креативних компетентностей в умовах цифрового суспільства". 2019. С. 59-60. ISSN 2072-7941. DOI: <https://doi.org/10.30839/2072-7941.2019.189088>.
79. Кіт І.В., Кіт О.Г. Програма курсу за вибором "Проектування робототехнічних систем" для вивчення у 7-9 класах. Листи ПТЗО від 23.05.2013 № 14.1/12-Г-178. 2013. URL: https://drive.google.com/file/d/0B7_wRGRJlavXV1I0V1Zib2t0OWs/view вільний (дата звернення: 11.09.2019).
80. Коваль, К.О. Розвиток "soft skills" у студентів – один з важливих чинників працевлаштування. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2015. 2. 162-167.
81. Ковтонюк К.В. Цифрова трансформація світової економіки. Вчені записки університету "Крок". 2017. Вип. 47. С. 70-76. URL:

https://library.krok.edu.ua/media/library/category/statti/vzuk-47-2017_70-76.pdf (дата звернення: 26.04.2020).

82. Кожем'яка Д.І. *Навчальна програма курсу за вибором "Основи робототехніки" для вивчення у 5-9 класах*. Лист ІМЗО від 04.12.2015 № 2.1/12-Г-106. К.: Пролего, 2015. URL: http://leader.ciit.zp.ua/files/menu_r2/programs/p_lego.pdf вільний (дата звернення: 11.09.2019).
83. Колотова І.О., Мякушко А.А., Сичинская Н.В., Смирнова Ю.В. *Основи образовательной робототехники: пособие для слушателей курса*. Москва: Издательство "Перо", 2014.
84. Коляденко С.В. *Цифрова економіка: передумови та етапи становлення в Україні і у світі*. Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2016. № 6. С. 105-112. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efmapnp_2016_6_11 (дата звернення: 25.04.2020).
85. Комп'ютерне моделювання: навчальна програма для студентів денної форми навчання спеціальності 6.040302 "Інформатика*" Інституту інформатики НПУ імені М.П. Драгоманова / Укл. О.В. Струтинська (в авторській редакції). К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. 26 с.
86. Концепція впровадження медіаосвіти в Україні (нова редакція). (2016, квітень 27). MediaSapiens. URL: <https://ms.detector.media/mediaosvita/post/16501/2016-04-27-kontseptsiya-vprovadzhennya-mediaosviti-v-ukraini-nova-redaktsiya/> (дата звернення: 23.05.2020).
87. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). Розпорядження Кабінету Міністрів України № 960-р від 5 серпня 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> (дата звернення: 25.08.2020).
88. Коробова І.В., Барильник-Куракова О.А. *Методичні особливості конструювання фізичних STEM-задач у процесі навчання майбутніх*

- моряків. Фізико-математична освіта. 2020. Випуск 3(25). Частина 2. С. 75-80. URL: https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2020-v3-25-2/2020_3-25-2_Korobova-Baryllyk-Kurakova_FMO.pdf (дата звернення: 30.09.2020).
89. Кочарян А.Б. Розвиток інформаційно-комунікаційної компетентності науково-педагогічних працівників гуманітарних спеціальностей класичних університетів: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.10 / Кочарян Артур Борисович [наук. керівник: Н.В. Морзе]. Київ, 2016. 280 с.
90. Кравчина О. Використання цифрових ресурсів ресурсів вчителями у професійній діяльності в Словенії та Словаччина. Збірник матеріалів Всеукраїнського науково-практичного семінару "Цифрова компетентність сучасного вчителя нової української школи: 2020" (Моделювання цифрового навчального середовища закладу загальної середньої освіти). (5 березня 2020 р. м. Київ). Київ: Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України: Київ, 2020. С. 61-63.
91. Кузьменко О.С., Дембіцька С.В. Формування STEM-компетентностей студентів під час розв'язування фізичних задач з поєднанням принципу симетрії в вищих технічних навчальних закладах. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія: Педагогічна. 2017. Вип. 23. С. 20-22. URL: <http://journals.uran.ua/index.php/2307-4507/article/view/125360/119825> (дата звернення: 10.04.2020).
92. Кузьміна М.В. и др. Робототехника в школе как ресурс подготовки инженерных кадров будущей России. *Сборник методических материалов для работников образования в условиях реализации Федеральных государственных образовательных стандартов (по итогам областных семинаров и курсов повышения квалификации по образовательной робототехнике)*. Киров: ИРО Кировской области, 2017. 179 с. URL:

https://kirovipk.ru/sites/default/files/files/173_sbornik_robototehnika_v_shkole_2017.pdf (дата обращения: 01.10.2019).

93. Кузьміна Н.М., Струтинська О.В. Автоматизоване робоче місце майбутнього вчителя економіки. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2011. №10(17). С. 45-58.
94. Кузьміна Н.М., Струтинська О.В. Використання дистанційних технологій у позааудиторній роботі майбутніх учителів інформатики. Перша всеукраїнська науково-практична конференція "MoodleMoot Ukraine 2013. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle" (м. Київ, КНУБА, 30-31 травня 2013 р.): тези доповідей. Київ: КНУБА, 2013. С. 25.
95. Кузьміна Н.М., Струтинська О.В. Компетентнісний підхід до навчання інформаційних систем і технологій майбутніх учителів економіки. Інформаційні технології в освіті: Збірник наукових праць. Випуск 9. Херсон: Видавництво ХДУ, 2011. С. 56-62. URL: <http://ite.kspu.edu/index.php/ite/article/view/449/463> (дата звернення: 09.04.2020).
96. Кузьміна Н.М., Струтинська О.В. Особливості використання автоматизованого робочого місця майбутнього вчителя економіки. Інформаційні технології в навчальному процесі: праці науково-методичного семінару, 16-23 травня 2011 р., ПНПУ імені К.Д. Ушинського. Одеса: Вид. "ВМВ", 2011. С. 66-72.
97. Кузьмінська О.Г. Трансформація системи освіти та роль ІКТ у процесі підготовки майбутніх освітніх лідерів. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. 2015. №16. С. 128-132. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nchnpu_2_2015_16_29 (дата звернення: 22.04.2020).

98. Кузьмінська О.Г., Нанаєва Т.В. Ініціативи Intel® у творенні ІКТ-політики у сфері освіти. Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах. № 6. 2013. С. 75-78.
99. Кузьмінська О.Г., Нанаєва Т.В. Освітня політика та інформаційні технології: як досягти системного ефекту? Інформаційні технології і засоби навчання. 2016. Т. 52. вип. 2. С. 121-132. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2016_52_2_13 (дата звернення: 20.04.2020).
100. Кулаков В.А. Элементы робототехники в курсе информатики основной школы: бакалаврская работа: 44.03.05 "Педагогическое образование: математика, информатика" / В.А. Кулаков [науч. руководитель: Г.А. Ечмаева]. Тобольский педагогический институт им. Д.И. Менделеева (филиал) Тюменского государственного университета. Тобольск. 2018. 107 с.
101. Кулинич М.Б. Тенденції становлення цифрової економіки в глобальному економічному просторі. *Modern Economics*. 2019. №16. С. 57-63. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V16\(2019\)-08](https://doi.org/10.31521/modecon.V16(2019)-08). URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/6282/1/kulynych.pdf> (дата звернення: 17.05.2020).
102. Кушнір Н.О., Валько Н.В., Осипова Н.В., Кузьмич Л.В. Відкриті освітні ресурси для організації навчання в контексті STEM-освіти. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету, №3 (2017). С. 247-255. URL: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2017.3.24755>. URL: <https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/89/122> (дата звернення: 05.08.2019).
103. Лазарев М.В. О связи робототехники с механикой, электроникой и программированием, а также о междисциплинарных связях. Вестник ТГПУ. 2013. 11 (139). С. 132-136. URL: [https://vestnik.tspu.edu.ru/files/vestnik/PDF/articles/lazarev m. v. 132 136 11_139_2013.pdf](https://vestnik.tspu.edu.ru/files/vestnik/PDF/articles/lazarev_m_v_132_136_11_139_2013.pdf) (дата звернення: 12.09.2019).

104. Лисенко Т.І., Шевель Б.О. *Програма курсу за вибором "Основи робототехніки" як варіативного модуля до навчальної програми "Технології. 10-11 класи"*. Лист ПТЗО від 19.02.2015 № 14.1/12-Г-50. URL: <http://vynahidnyk.org/files/Doc2.doc> (дата звернення: 11.09.2019).
105. Литвинова С.Г. Напрями цифрової трансформації освітнього процесу закладів загальної середньої освіти. Сучасні тенденції розвитку інформаційно-комунікаційних технологій в освіті: зб. Матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції в рамках Міжнародного освітнього форуму "Цифрова трансформація освіти". Рівне: РОІППО, 2020. С. 33-35.
106. Ліпінська А.В., Струтинська О.В. Напрями використання інформаційно-комунікаційних технологій у процесі підготовки майбутніх документознавців. Педагогічний процес: теорія і практика. Київ: ТОВ "Видавниче підприємство "ЕДЕЛЬВЕЙС", 2012. №3. С. 151-162. URL: <http://pftp.kubg.edu.ua/images/2012/03/lipinska.pdf> (дата звернення: 12.02.2020).
107. Луценко В.Ю. *Використання засобів робототехніки при вивченні змістової лінії "Основи алгоритмізації та програмування"*: Методичний посібник. Вінниця: ММК, 2015. 38 с.
108. Лучковський А.І., Соколов В.А. *Технічна обдарованість старшокласників: Методичні рекомендації*. Київ: Вид-во "Інститут обдарованої дитини НАПН України", 2018. 253 с.
109. Любохинець Л.С., Шпуляр Є.М. Цифрова трансформація національної економіки: сучасний стан та тренди майбутнього. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2019. №4. С. 213-128. URL: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/8202/1/17.pdf> (дата звернення: 17.05.2020).
110. Мазурок Т.Л., Корабльов В.А., Черних В.В. Освітня робототехніка. Аспекти підготовки майбутніх учителів інформатики. *Електронне наукове*

фахове видання "Відкрите освітнє e-середовище сучасного університету", спецвипуск "Нові педагогічні підходи в STEAM освіті". 2019. С. 175-182. ISSN: 2414-0325. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019s16>. URL: <https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/245> (дата звернення: 11.05.2020).

111. Малицька І. Цифрова компетентність вчителя Великої Британії: навчальні інструменти для професійної діяльності // Збірник матеріалів Всеукраїнського науково-практичного семінару "Цифрова компетентність сучасного вчителя нової української школи: 2020" (Моделювання цифрового навчального середовища закладу загальної середньої освіти). (5 березня 2020 р. м. Київ). Київ: Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України: Київ, 2020. С. 68-70.
112. Мартинюк О.С. Особливості методики навчання студентів (майбутніх учителів фізики та загальнотехнічних дисциплін) основ мікроелектроніки та освітньої робототехніки. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 3: Фізика і математика у вищій і середній школі*. 2014. Вип. 14. С. 50-58. URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/123456789/15554/1/Martynyuk.pdf> (дата звернення: 12.04.2020).
113. Мартинюк О.С. Проблеми та перспективи підготовки фахівців у галузі освітньої робототехніки. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету*. 2015. Вип. 2. С. 167-173.
114. Медіаосвіта та медіаграмотність: підручник / Ред.-упор. В.Ф. Іванов, О.В. Волошенюк; За науковою редакцією В. В. Різуна. Київ: Центр вільної преси, 2012. 352 с. URL: <https://www.aup.com.ua/uploads/momg.pdf> (дата звернення: 23.05.2020).
115. Меморандум про створення Коаліції STEM-освіти. URL: <http://csr-ua.info/csr-ukraine/wp->

content/uploads/2016/01/STEM_memorandum_FINAL_%D0%9011.pdf (дата звернення: 03.12.2019).

116. Методика навчання робототехнічних систем: навчальна програма для підготовки магістрів спеціальності 014.09 "Середня освіта (інформатика)" / Укл. О.В. Струтинська. К.: НПУ імені М.П. Драгоманова. 2020. 21 с.
117. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти у закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2020/2021 навчальному році: Лист Інституту модернізації змісту освіти № 22.1/10-1646 від 19.08.2020 р. URL: <https://drive.google.com/file/d/1qxDeN7-bycJXSBKTRqvBnO9Xuc5TFSgs/view> (дата звернення: 21.08.2020).
118. Мірошникова А. (2017, Грудень 5). Яким буде наступне покоління дітей. Освіторія. URL: <https://osvitoria.media/opinions/yakym-bude-nastupne-pokolinnya-ditej> (дата звернення: 18.10.2020).
119. Морзе Н.В. Система методичної підготовки майбутніх вчителів інформатики в педагогічних університетах: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.02 / Морзе Наталія Вікторівна [наук. консультант: М.І. Жалдак]; Національний педагогічний ун-т ім. М.П. Драгоманова. Київ, 2003. 605 с.
120. Морзе Н.В., Базелюк О.В., Воротнікова І.П., Дементієвська Н.П., Захар О.Г., Нанаєва Т.В., Пасічник О.В., Чернікова Л.А. Опис цифрової компетентності педагогічного працівника. *Електронне наукове фахове видання "Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету", спецвипуск "Нові педагогічні підходи в STEAM освіті"*. 2019. С. 1-53. ISSN: 2414-0325. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019s39>.
121. Морзе Н.В., Василенко С.В., Гладун М.А. Шляхи підвищення мотивації викладачів університетів до розвитку їх цифрової компетентності. *Електронне наукове фахове видання "Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету"*. 2018. (5). С. 160-177. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2018.5.160177>.

122. Морзе Н.В., Вембер В.П., Бойко М.А., Варченко-Троценко Л.О. Організація STEAM-занять в інноваційному класі. *Електронне наукове фахове видання "Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету"*. 2020. (8). С. 88-106. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2020.8.9> URL: <https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/307/312> (дата звернення: 21.07.2020).
123. Морзе Н.В., Вембер В.П., Гладун М.А. 3D картування цифрової компетентності в системі освіти в Україні. Інформаційні технології і засоби навчання. Том 70. № 2 (2019). С.28-42. ISSN: 2076-8184. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v70i2.2994>. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/2994> (дата звернення: 21.07.2020).
124. Морзе Н.В., Гладун М.А., Дзюба С.М. Формування ключових і предметних компетентностей учнів робототехнічними засобами STEM-освіти. Інформаційні технології і засоби навчання. 2018. Т. 65. № 3. С. 37-52. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/2041/1348> (дата звернення: 03.12.2018).
125. Морзе Н.В., Глазунова О.Г. Структура електронного навчального курсу на базі платформи дистанційного навчання. Комп'ютер у школі та сім'ї. 2008. № 5. С. 11-18.
126. Морзе Н.В., Кучеровська В.О., Смирнова-Трибульська Є.М. Самооцінювання рівня цифровізації освітнього закладу за умов трансформації середньої освіти. *Електронне наукове фахове видання "Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету"*. 2020. (8). С. 72-87. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2020.8.8> URL: <https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/305/313> (дата звернення: 21.07.2020).
127. Морзе Н.В., Нанаєва Т.В., Омельченко Н.О. STEM в освіті. Навчальний посібник. К.: ACCORD GROUP, 2018. 114 с.

128. Морзе Н.В., Струтинська О.В., Умрик М.А. Освітня робототехніка як перспективний напрям розвитку STEM-освіти. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету, № 5 (2018). С. 178-187. URL: <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/175/233#.XCv1fmLTcs> (дата звернення: 01.08.2019).
129. М'які навички. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%8F%D0%BA%D1%96_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%BA%D0%B8 (дата звернення: 12.05.2020).
130. Навчальна програма "Технології 10-11 класи" (рівень стандарту) 2017. 29 с. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/tehnologiyi-ostatocnij-variant-10.11.17.docx> (дата звернення: 03.09.2019).
131. Навчальні програми з позашкільної освіти. Науково-технічний напрям / за ред. Шкури Г.А., Ніколайко Н.Ю. К.: УДЦПО, 2018. Вип. 3. 117 с.
132. Наказ МОН від 02.07.2016 №759 "Про проведення дослідно-експериментальної роботи на базі комунального навчального закладу "Навчально-виховний комплекс №141 "Освітні ресурси та технологічний тренінг" міста Києва (дошкільний навчальний заклад – школа I ступеня – спеціалізована школа II ступеня з поглибленим вивченням іноземних мов та інформаційних технологій – технологічний лицей)". Міністерство освіти і науки України. URL: <http://old.mon.gov.ua/files/normative/2016-07-29/5878/nmo-759.pdf> (дата звернення: 29.05.2020).
133. Наказ МОН від 04.04.2018 №323 "Про проведення експерименту всеукраїнського рівня за темою "Методична система навчання основам технології і робототехніки як складової STEM-освіти". Міністерство освіти і науки України. URL:

<https://mon.gov.ua/storage/app/uploads/public/5ac/f56/004/5acf5600437d0311175199.pdf> (дата звернення: 29.05.2020).

134. Наказ МОН від 24.04.2017 №628 "Про внесення змін до складу робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні". Міністерство освіти і науки України. URL: <https://imzo.gov.ua/2017/04/26/nakaz-mon-vid-24-04-2017-628-pro-vnesennya-zmin-do-skladu-robochoji-hrupy-z-pytan-vprovadzhennya-stem-osvity-v-ukrajini> (дата звернення: 12.05.2020).
135. Наказ МОН від 29.02.2016 №188 "Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні". Міністерство освіти і науки України. URL: <https://imzo.gov.ua/2016/02/29/nakaz-mon-vid-29-02-2016-188-pro-utvorennya-robochoyi-grupi-z-pitan-vprovadzhennya-stem-osviti-v-ukrayini/> (дата звернення: 12.05.2020).
136. Неперервна професійна освіта: проблеми, пошуки, перспективи / за ред. І.А. Зязюна. К.: Віпол, 2000. 636 с.
137. Никитина Т.В. Образовательная робототехника как направление инженерно-технического творчества школьников: учебное пособие. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2014. 169 с.
138. Ночевчук М.В. Впровадження елементів STEM-освіти у навчання математики та фізики. Освітній проект "На урок". URL: <https://naurok.com.ua/vprovadzhennya-elementiv-stem-osviti-u-navchannya-matematiki-ta-fiziki-47799.html> (дата звернення: 04.03.2020).
139. Овчаров С.М. Основні компоненти системи неперервної професійної освіти вчителів інформатики. Наукові праці SWorld, 2015. Вип. 2, т. 10. С. 56-61.
140. Олефіренко Н.В., Андрієвська В.М., Носова В.В. Світовий досвід запровадження STEM-технологій в освіту. Фізико-математична освіта. 2020. Випуск 3(25). Частина 1. С. 62-67. URL: https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2020-v3-25-1/2020_3-25-Olefirenko_FMO.pdf (дата звернення: 10.10.2020).

141. Оніщенко Д.С. Вивчення основ програмування в курсі робототехніки в закладах позашкільної освіти: бакалаврська робота: 014.09 "Середня освіта (інформатика)" / Д.С. Оніщенко [наук. керівник: О.В. Струтинська]. НПУ імені М.П. Драгоманова. Київ. 2020. 66 с.
142. Основи робототехніки: навчальний посібник / Н.В. Морзе, Л.О. Варченко-Троценко, М.А. Гладун. Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2016. 184 с. URL: https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/f49ee634-1909-4c5d-ab78-0ff34a693f94/book_Robotics.pdf (дата звернення: 23.04.2020).
143. Основи технологій виробництва в галузях народного господарства: навчальний посібник / Є. П. Желібо, Д. В. Анопко, В. М. Буслик та ін. К.: Кондор. 2005. 716 с. ISBN 966-7982-85-8.
144. Пахачук С.С., Оніщук І.П. *Збірник навчальних програм з позашкільної освіти дослідницько-експериментального напрямку секції "Робототехніка"* / [упоряд. О.Ф. Бурбела]. – Луцьк. – 2016. – 40 с.
145. Переяславська С.О., Смагіна О.О. Гейміфікація як сучасний напрям вітчизняної освіти. *Електронне наукове фахове видання "Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету", спецвипуск "Нові педагогічні підходи в STEAM освіті"*. 2019. С. 250-260. URL: <https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/230>, вільний (дата звернення: 25.02.2020).
146. Підгорна Т.В. Педагогічна інформатика: монографія. Нац. пед. ун-т імені М.П. Драгоманова. 2017. 357 с.
147. Піжук О.І. Цифрова трансформація економіки як основа формування її конкурентоспроможності. Східна Європа: економіка, бізнес та управління. 2018. Випуск 6 (17). С. 79-83. URL: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/17_2018/16.pdf (дата звернення: 26.04.2020).
148. Пікалова В.В. Реалізації STEAM-освіти в проєктній діяльності вчителя математики. Електронне наукове фахове видання "Відкрите освітнє е-

середовище сучасного університету", 2020. Вип. 9. С. 95-103.
<https://doi.org/10.28925/2414-0325.2020.9.8>.

149. План заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016-2018 роки. Затверджено Міністерством освіти і науки України від 05.05.2016 р. URL: <https://imzo.gov.ua/2016/11/10/plan-zahodiv-shhodo-vprovadzhennya-steam-osviti-v-ukrayini-na-2016-2018-roki/> (дата звернення: 04.03.2020).
150. Позиції України в рейтингу країн світу за Індексом глобальної конкурентоспроможності 2017-2018. URL: <http://edclub.com.ua/analityka/pozyciya-ukrayiny-v-reytyngu-krayin-svitu-za-indeksom-globalnoyi-konkurentospromozhnosti-2> (дата звернення: 02.12.2018).
151. Поліхун Н., Сліпухіна, І., Чернецький І. STEM орієнтоване навчання як педагогічна проблема. Педагогічні інновації: ідеї, реалії, перспективи. 2017. Вип. 2. С. 30-35. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ped_in_2017_2_7. (дата звернення: 12.05.2020).
152. Примаченко І. (2015, февраль 20). Prometheus: как онлайн-образование влияет на мировую экономику. URL: <http://minfin.com.ua/2015/02/20/6119716> (дата обращения: 09.04.2020).
153. Примерная основная образовательная программа среднего общего образования. Москва. Введ. 8 апреля 2015 г. URL: <http://fgosreestr.ru> (дата обращения: 01.10.2019).
154. Про вищу освіту. Закон України №1556-VII від 01.07.2014 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення: 05.08.2020).
155. Про затвердження Концепції розвитку педагогічної освіти. Наказ Міністерства освіти і науки України №776 від 16.07.2018 р. URL: <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennya-konceptsiyi-rozvitku-pedagogichnoyi-osviti> (дата звернення: 01.08.2019).

156. Про Національну стратегію розвитку освіти в Україні на період до 2021 року. Указ Президента України № 344/2013 від 25 червня 2013 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/344/2013#Text> (дата звернення: 05.08.2020).
157. Про освіту. Закон України від 05.09.2017. URL: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (дата звернення: 20.09.2019).
158. Про проведення дослідно-експериментальної роботи всеукраїнського рівня за темою: "Науково-методичні засади створення та функціонування Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру (ВНМВ STEM-центр)" на 2017-2021 роки". Наказ Міністерства освіти і науки України №708 від 17.05.2017 р.
159. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 67-р від 17 січня 2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80#n13> (дата звернення: 01.08.2020).
160. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. Указ Президента України №722/2019 від 30 вересня 2019 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (дата звернення: 05.08.2020).
161. Проект Концепції STEM-освіти в Україні. URL: http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM_2017.pdf (дата звернення: 04.03.2020).
162. Проект "Національної стратегії захисту дітей в цифровому середовищі на 2021-2026 роки". URL: <https://drive.google.com/file/d/1ftag6UGD4n3DFxTZMyETeL45cFl-SD7p/view> (дата звернення: 03.08.2020).
163. Проект "Цифрова адженда України – 2020" (2016, грудень). URL: <https://ucci.org.ua/uploads/files/58e78ee3c3922.pdf> (дата звернення: 31.07.2020).

164. Проєкти | Міністерство цифрової трансформації України. URL: <https://thedigital.gov.ua/projects> (дата звернення: 03.08.2020).
165. Пронь Н.Б. Окремі аспекти цифрової трансформації освітньої галузі України. *Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції "Побудова інформаційного суспільства: ресурси і технології"* (Київ, 19-20 вересня 2019 р.). Київ: УкрІНТЕІ, 2019. С. 357-362. URL: <http://www.uinpei.kiev.ua/sites/default/files/pron.pdf> (дата звернення: 21.07.2020).
166. Пышкало А.М. Методическая система обучения геометрии в начальной школе: автореф. дис. ... докт. пед. наук: 13.00.02 / Пышкало А.М. Москва, 1975. 32 с.
167. Рамський Ю.С. Логічні основи інформатики: навч. посіб. для студ. фіз.-мат. спец. вищих пед. навч. закл. Київ. Вид-во НПУ ім. М.П. Драгоманова. 2003. 286 с.
168. Рамський Ю.С., Струтинська О.В., Умрик М.А. Модернізація змісту навчання майбутніх учителів інформатики в умовах становлення інформаційного суспільства. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. К.: НПУ імені М.П. Драгоманова. 2020. 22 (29). С. 17-25.
169. Рашевська Н.В. Змішане навчання як психолого-педагогічна проблема. *Вісник Черкаського університету. Серія "Педагогічні науки"*, Черкаси: ЧНУ. 2010. Вип. 191. С. 89-96.
170. Робототехника: конструирование и программирование: рабочая программа по дополнительному образованию, направление "Техническое" / Сос. Р.И. Фрумкин. 2020. Угледгорск. 16 с. URL: <http://uglschool5.ru/sites/default/files/pr%20robot.pdf> (дата обращения: 05.09.2020).
171. Роева Т.Г. Цифрова трансформація освітнього процесу – невід'ємна складова створення змістовного якісного освітнього середовища. *Сучасні*

тенденції розвитку інформаційно-комунікаційних технологій в освіті: зб. Матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції в рамках Міжнародного освітнього форуму "Цифрова трансформація освіти". Рівне: РОІППО, 2020. С. 48-50.

172. Седина Е.С., Соболева Е.В. Обоснование необходимости совершенствования модели обучения робототехнике как основы стратегии подготовки кадров для профессий будущего. Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2018. №7 (июль). С. 540-551. DOI 10.24422/MCITO.2018.7.14920. URL: <http://e-koncept.ru/2018/181046.htm> (дата обращения: 30.04.2020).
173. Селевко Г. Компетентности и их классификация. Народное образование. 2004. № 4. С. 138-143.
174. Семеніхіна О.В. Нові парадигми у сфері освіти в умовах переходу до SMART-суспільства. Вісник Сумського державного педагогічного університету ім. А.С.Макаренка, 2015. №5. С. 34-44.
175. Семеновских Т.В. Феномен "Клипового мышления" в образовательной вузовской среде. Интернет-журнал Науковедение. 2014. № 5 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fenomen-klipovogo-myshleniya-v-obrazovatelnoy-vuzovskoy-srede> (дата звернення: 22.05.2020).
176. Середня освіта (інформатика) та робототехніка: освітньо-професійна програма для підготовки бакалаврів за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)" / Укл. М.І. Жалдак, Ю.С. Рамський, О.В. Струтинська, М.А. Умрик. 2020. К.: НПУ імені М.П. Драгоманова. 15 с.
177. Середня освіта (інформатика) та робототехніка: освітньо-професійна програма для підготовки магістрів за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)" / Укл. М.І. Жалдак, Ю.С. Рамський, О.В. Струтинська, М.А. Умрик. 2020. К.: НПУ імені М.П. Драгоманова. 17 с.
178. Сиренко С.Н. Образовательная робототехника как необходимый элемент подготовки специалистов для нового технологического уклада. Журн.

Белорус. гос. ун-та. Журналистика. Педагогика. 2017. №1. С. 106-112. URL: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/184426/1/106-112.pdf> (дата обращения: 21.02.2020).

179. Сіпій В., Гончарова Н. Діджиталізація освітнього простору закладів загальної середньої освіти. Збірник матеріалів Всеукраїнського науково-практичного семінару "Цифрова компетентність сучасного вчителя нової української школи: 2020" (Моделювання цифрового навчального середовища закладу загальної середньої освіти). (5 березня 2020 р. м. Київ). Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. Київ. 2020. С. 94-96.
180. Скіцько В.І. Цифрові технології сучасної логістики та управління ланцюгами постачання. *Маркетинг і цифрові технології*. Том 2. №3. 2018. С. 48-63. ISSN 2522-9087 (Print), ISSN 2523-434X (Online). URL: <http://mdt-opu.com.ua/index.php/mdt/article/view/44/43> (дата звернення: 21.06.2020).
181. Скурихіна Ю.А. Формирование исследовательских компетенций средствами робототехники. Сборник методических материалов для работников образования в условиях реализации Федеральных государственных образовательных стандартов (по итогам областных семинаров и курсов повышения квалификации по образовательной робототехнике): ИРО Кировской области, 2017. С.81-87. URL: https://kirovipk.ru/sites/default/files/files/173_sbornik_robototehnika_v_shkole_2017.pdf (дата обращения: 26.05.2020).
182. Сліпухіна І.А., Чернецький І.С. Використання цифрового вимірювального комплексу в STEM орієнтованому освітньому середовищі. Інформаційні технології в освіті й науці. 2016. Вип. 8. С. 261-272.
183. Соколюк, О.М. Інформаційно-освітнє середовище навчання в умовах трансформації освіти. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*, 2017. 3 (12). С. 48-55. ISSN 2519-254X.

184. Соціальна інформатика: навчальна програма для студентів денної форми навчання спеціальності 6.040302 "Інформатика*" Інституту інформатики НПУ імені М.П. Драгоманова / Укл. О.В. Струтинська (в авторській редакції). К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. 20 с.
185. Спірін О.М. Початки штучного інтелекту: Навч. посіб. для студ. фіз.-мат. спец. вищих пед. навч. закл. Житомир. Вид-во ЖДУ. 2004. 172 с.
186. Стрижак О.Є., Сліпухіна І.А., Поліхун Н.І., Чернецький І.С. STEM-освіта: основні дефініції. Інформаційні технології і засоби навчання. 2017. Т.62, №6. С. 16-33. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1753/1276> (дата звернення: 10.06.2020).
187. Струтинська О.В. Актуальність впровадження освітньої робототехніки в українську школу. *Електронне наукове фахове видання "Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету", спецвипуск "Нові педагогічні підходи в STEAM освіті"*. 2019. С. 324-344. ISSN: 2414-0325. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019s30>. URL: <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/254>, вільний (дата звернення: 25.02.2020).
188. Струтинська О.В. Використання дистанційних технологій при навчанні майбутніх учителів економіки. Теорія та методика електронного навчання: збірник наукових праць. Випуск II. Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2011. С. 346-352. URL: <https://ccjournals.eu/ojs/index.php/e-learn/article/download/296/282> (дата звернення: 10.04.2020).
189. Струтинська О.В. Використання документів Google у процесі навчання інформаційних систем і технологій майбутніх учителів економіки. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Педагогіка. 2011. №1. С. 66-71. URL: <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/40> (дата звернення: 12.04.2020).

190. Струтинська О.В. Використання робототехніки та 3D технологій в умовах розвитку STEM освіти. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. №7 (2019). С. 96-109. ISSN: 2414-0325. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019.7.10>.
191. Струтинська О.В. Впровадження 3D технологій у навчальний процес інформатики учнів початкової школи. Збірник матеріалів Всеукраїнського науково-практичного семінару "Цифрова компетентність сучасного вчителя нової української школи: 2020" (Моделювання цифрового навчального середовища закладу загальної середньої освіти), (5 березня 2020 р. м. Київ). Київ: Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України: Київ, 2020. С. 103-105.
192. Струтинська О.В. Зарубіжний досвід навчання освітньої робототехніки. *Фізико-математична освіта*. 2019. Випуск 3(21). С. 140-149. ISSN 2413-158X (online), ISSN 2413-1571 (print). DOI: 10.31110/2413-1571-2019-021-3-021. URL: https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2019-v3-21/2019_3-21-Strutynska_FMO.pdf (дата звернення: 09.04.2020).
193. Струтинська О.В. Зарубіжний досвід підготовки майбутніх учителів інформатики (на прикладі Нідерландів). Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наукових праць. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2016. №18(25). С. 28-33.
194. Струтинська О.В. Зміст та особливості методики навчання комп'ютерного моделювання майбутніх учителів інформатики. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наукових праць. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. №13(20). С. 113-120.
195. Струтинська О.В. Курс "Соціальна інформатика" у педагогічному університеті. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2.

- Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наукових праць. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. №12(19). С. 182-185.
196. Струтинська О.В. Міжпредметні зв'язки освітньої робототехніки. Вісник Львівського університету. Серія Педагогічна. Випуск 34. 2019. С. 221-228. ISSN: 2078-5526. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/vpe.2019.34.10591>, URL: <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/pedagogics/article/view/10591/10794> (дата звернення: 09.05.2020).
197. Струтинська О.В. Модернізація змісту навчання в процесі підготовки майбутніх учителів інформатики. Проблеми інформатизації навчального процесу в закладах загальної середньої та вищої освіти: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (9 жовтня 2018 р., м. Київ). Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2018. С. 94-95.
198. Струтинська О.В. Напрями використання технологій тривимірного друкування у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики. Теорія і практика використання інформаційних технологій в навчальному процесі: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (30-31 травня 2017 р., м. Київ). Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2017. С. 125-127.
199. Струтинська О.В. Особливості сучасного покоління учнів і студентів в умовах розвитку цифрового суспільства. *Відкрите освітнє e-середовище сучасного університету*. №9 (2020). С. 145-160. ISSN: 2414-0325. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2020.9.12>.
200. Струтинська О.В. Особливості формування компетентностей у галузі дистанційного навчання інформатичних дисциплін майбутніх учителів інформатики. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наукових праць. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2014. №14(21). С. 108-113.
201. Струтинська О.В. Підготовка майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в школах. Вісник ЧНУ. Серія

- "Педагогічні науки". Вип. №3 (2019). С. 183-194. ISSN 2076-586X (Print), 2524-2660 (Online). DOI: 10.31651/2524-2660-2019-3-183-194. URL: <http://ped-ejournal.cdu.edu.ua/article/view/3484/3701> (дата звернення: 09.05.2020).
202. Струтинська О.В. Підготовка майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки засобами неформальної освіти. Вісник Запорізького національного університету. Педагогічні науки. 2019. №2. С. 130-134. ISSN 2522-4360. DOI: 0.26661/2522-4360-2019-2-33-27. URL: <http://visnykznu.org/issues/2019/2019-ped-2/29.pdf>
203. Струтинська О.В. Проектна діяльність майбутніх учителів інформатики в процесі навчання використання технологій тривимірного друкування. Проблеми інформатизації навчального процесу в школі та вищому педагогічному навчальному закладі: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 10 жовтня 2017 р., м. Київ. К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2017. С. 135-136.
204. Струтинська О.В. Сучасний стан і перспективи розвитку технологій тривимірного моделювання та друкування. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: 36. наукових праць. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2018. №20(27). С. 88-94. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nchnpu_2_2018_20_17.pdf (дата звернення: 10.01.2020).
205. Струтинська О.В. Трансформація освіти в умовах розвитку цифрового суспільства: європейський досвід та перспективи для України. Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К.Д. Ушинського. Випуск 3(132). Одеса. 2020. С. 71-88. DOI: <https://doi.org/10.24195/2617-6688-2020-3-9>.
206. Струтинська О.В. Цифрові навички і цифрова компетентність: зарубіжний досвід країн ЄС і перспективи для України. *Фізико-математична освіта*. 2020. Випуск 3(25). Частина 1. С. 94-102. DOI: 10.31110/2413-1571-2020-

- 025-3-015. URL: https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2020-v3-25-1/2020_3-25-Strutynska_FMO.pdf (дата звернення: 12.09.2020).
207. Струтинська О.В. Які чинники впливають на створення комп'ютерно-орієнтованої методичної системи навчання? Комп'ютерно орієнтовані системи навчання природничо-математичних дисциплін: матеріали Міжнародного науково-практичного семінару (28 жовтня 2014 р., м. Київ). Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2014. 137-140 с.
208. Струтинська О.В., Баранов С.С. Тенденції розвитку освітньої робототехніки в закладах позашкільної освіти. Фізико-математична освіта. 2019. Випуск 1(19). С. 196-204. DOI: 10.31110/2413-1571-2019-019-1-031. URL: https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2019-v1-19/2019_1-19-Strutynska_Baranov_FMO.pdf
209. Струтинська О.В., Василюк А.Д. Навчання освітньої робототехніки в українських школах: напрями впровадження. Інженерні та освітні технології. 2019. Т.7. №3. С. 122-138. DOI: <https://doi.org/10.30929/2307-9770.2019.07.03.011>. URL: [http://eetecs.kdu.edu.ua/2019_03/EETECs2019_007\(3\)_11.pdf](http://eetecs.kdu.edu.ua/2019_03/EETECs2019_007(3)_11.pdf) (дата звернення: 14.12.2019).
210. Струтинська О.В., Умрик М.А. Впровадження технології MOOC у процес підготовки майбутніх учителів інформатики. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наукових праць. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2017. № 19 (26). С. 157-163.
211. Струтинська О.В., Умрик М.А. Деякі аспекти навчання мов та технологій програмування систем штучного інтелекту майбутніх магістрів інформатики. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2019. 21(28). С. 92-100. ISSN 2411-8869. DOI: 10.31392/NPU-nc.series2.2019.21(28).15. URL:

<http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/26611>

(дата звернення:

12.04.2020).

212. Струтинська О.В., Умрик М.А. Сучасні освітні тренди в умовах розвитку цифрового суспільства. Інноваційна Педагогіка. Випуск 26. 2020. С. 201-205. URL: <http://www.innovpedagogy.od.ua/archives/2020/26/42.pdf> (дата звернення: 17.10.2020).
213. Сухіх А. Особливості формування цифрової грамотності дітей підліткового віку в аспекті онлайн-безпеки. Збірник матеріалів Всеукраїнського науково-практичного семінару "Цифрова компетентність сучасного вчителя нової української школи: 2020" (Моделювання цифрового навчального середовища закладу загальної середньої освіти). (5 березня 2020 р. м. Київ). Київ: Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України: Київ, 2020. С. 106-108.
214. Тараненко О.О. Моделювання розвитку конструкторського мислення учнів 6-8 класів у навчанні робототехніки: магістерська робота: 014.09 "Середня освіта (інформатика)" / О.О. Тараненко [наук. керівник: Н.А. Хараджян]. ДВНЗ "Криворізький державний педагогічний університет". Кривий Ріг. 2018. 72 с.
215. Тарапата В.В., Самылкіна Н.Н. Робототехніка в школі: методика, програми, проекти. М.: Лабораторія знань. 2017. 109 с. ISBN 978-5-00101-035-7.
216. Тимчина В.І., Тимчина В.С. Вчимося по новому: віртуальна та доповнена реальність. Сучасні тенденції розвитку інформаційно-комунікаційних технологій в освіті: зб. Матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції в рамках Міжнародного освітнього форуму "Цифрова трансформація освіти". Рівне: РОІППО, 2020. С. 57-60.
217. Ткаченко С.О. Розробка навчального курсу робототехніки для школярів: магістерська робота: 172 "Телекомунікації та радіотехніка" / С.О. Ткаченко [наук. керівник: Н.І. Фурманова]. ЗНТУ. Запоріжжя. 2018. 119 с. URL:

- http://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/4125/1/Diplom_Tkachenko.pdf (дата звернення: 26.05.2020).
218. Ткачук Г.О. Цифрові трансформації: взаємозв'язок із системою економічної безпеки підприємства. Економіка харчової промисловості. 2019. Том 11, Випуск 4 (2019). С. 42-50. DOI: 10.15673/fie.v11i4.1545. URL: <https://journals.onaft.edu.ua/index.php/fie/article/view/1545/1764> (дата звернення: 26.04.2020).
219. Толковый словарь русского языка: 80000 сл. и фразеолог. выражений / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова. 4-е изд., доп. М.: Азбуковник, 2001. 943 с.
220. Тузикова И.В. Изучение робототехники – путь к инженерным специальностям. Школа и производство. 2013. № 5. С. 45-47.
221. Туташинський В.І., Кірютченкова І.В. *Технології (рівень стандарту): підручник для 10 (11) класів закладів загальної середньої освіти*. К.: "Педагогічна думка", 2018. 216 с.
222. Уваров А.Ю. На пути к цифровой трансформации школы. Москва: Образование и Информатика, 2018. 120 с. ISBN 978-5-906721-12-9.
223. Україна 2030Е — країна з розвинутою цифровою економікою. 6.2.2. Цифрові тренди. Виклики та можливості для України. URL: <https://strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomikoju.html#6-2-2> (дата звернення: 21.07.2020).
224. Умрик М.А. Актуальність дистанційного навчання в процесі навчання студентів мережевого покоління. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наукових праць. К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2014. № 14 (21). С. 77-82. URL: https://ktoi.fi.npu.edu.ua/images/phocadownload/image/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82_21.pdf (дата звернення: 20.05.2020).
225. Усенко С.О., Шостя А.М. Освіта в умовах цифрової трансформації. *Матеріали 51-ї науково-методичної конференції викладачів і аспірантів*

"Вища освіта: проблеми і шляхи забезпечення якості у контексті сучасних трансформацій". Полтава: РВВ ПДАА, 2020. С. 178-180.

226. Федорец Г.Ф. Проблема интеграции в теории и практике обучения: (Пути развития): Учеб. пособие к спецкурсу. Ленинград: ЛГПИ, 1990. 82 с.
227. Фоміних Н.Ю. Інформаційно-комунікаційні технології у викладанні філологічних дисциплін: навчально-методичний посібник. Севастополь: Рібест. 2010. 196 с.
228. Хараджян Н.А., Пихтіна І.О. Розробка системи задач для розвитку конструкторського мислення учнів середньої та старшої школи на заняттях з робототехніки. Новітні комп'ютерні технології. Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ "Криворізький національний університет", 2018. Том XVI. С. 235-239.
229. Химинець В. (2010, серпень 25). Компетентнісний підхід до професійного розвитку вчителя. URL: <http://zakinppo.org.ua/2010-01-18-13-44-15/233-2010-08-25-07-10-49> (дата звернення: 05.08.2020).
230. Ходзицька І.Ю., Боринець Н.І., Гащак В.М. *Технології (рівень стандарту): підруч. для 10 (11) кл. закл. загал. серед. освіти*. Харків: Вид-во "Ранок", 2019. 208 с.
231. Хуторской, А.В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты. Доклад на отделении философии образования и теории педагогики. Центр "Эйдос". 2008. URL: <http://www.eidos.ru/news/compet.htm> (дата обращения: 27.04.2020).
232. Цифрова грамотність населення України (2019). Дослідження Міністерства цифрової трансформації України. URL: https://osvita.diaa.gov.ua/uploads/0/585-cifrova_gramotnist_naselenna_ukraini_2019_compressed.pdf (дата звернення: 03.08.2020).

233. Цифрова трансформація як ліфт у майбутнє (2019, серпень). TQM Systems.
URL: <https://tqm.com.ua/ua/likbez/ua-articles/cyfrova-transformaciya-yak-lift-u-majbutnye> (дата звернення: 26.04.2020).
234. Цифровізація економіки України: трансформаційний потенціал: монографія / В.П. Вишневський, О.М. Гаркушенко, С.І. Князєв, Д.В. Липницький, В.Д. Чекіна; за ред. В.П. Вишневського та С.І. Князєва; НАН України, Інститут економіки промисловості. Київ. Академперіодика. 2020. 188 с. <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.398.188>.
235. Цифровізація промисловості: кращі практики для просування цифрової трансформації МСП в традиційних секторах економіки (2020, липень 3). EU4Digital. Retrieved from: <https://eufordigital.eu/uk/digitising-industry-best-practices-to-promote-the-digital-transformation-of-smes-in-traditional-sectors-of-the-economy> (accessed on 18.07.2020).
236. Шляхи впровадження STEM-освіти в позашкільля. Збірник "Грані науково-технічної творчості Запорізької області". №2 (2018). 40 с. URL: http://www.grani.in.ua/wp-content/uploads/2019/01/stem_zbirnik_2_2018.pdf (дата звернення: 04.03.2020).
237. Шолом П.С., Здолбіцький А.П., Жигаревич О.К., Яручик В.Л. Роботизована система з дистанційним керуванням. *Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво"*. Луцьк. 2015. Вип. 19. С. 86-90.
238. Яненко І.Г. Цифрова трансформація промисловості України: ключові акценти. *Проблеми економіки*. 2017. № 4. С. 179-184. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pekon_2017_4_23 (дата звернення: 26.04.2020).
239. Ярова А.О. Англійська по новому – STEEM (Science + Technology + English + Engineering + Math). Матеріали IV Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції "Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи" (м. Тернопіль, 7-8 листопада, 2019). 2019. С. 61-63. URL:

- http://conf.fizmat.tnpu.edu.ua/media/arhive/10.11.2019_7S8Ht7R.pdf (дата звернення: 25.05.2020).
240. Яцишин А.В. Актуальність підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів вищої кваліфікації для інформатизації загальної середньої освіти України. *Наукові записки КДПУ ім. В. Винниченка. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*, 2015, 2(8), 70-78. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/NZ-PMFMTO/article/view/41> (дата звернення: 21.07.2020).
241. Яшанов С.М. Теоретико-методичні засади системи інформатичної підготовки майбутніх учителів трудового навчання: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04 / Яшанов Сергій Микитович [наук. консультант: М.І. Жалдак]. НПУ імені М.П. Драгоманова. Київ. 2010. 529 с.
242. A concept paper on digitisation, employability and inclusiveness (2017, May). The role of Europe. European Commission. 12 p. Retrieved from: http://ec.europa.eu/newsroom/document.cfm?doc_id=44515 (accessed on 18.07.2020).
243. A Digital Agenda for Europe. 19 May 2010. European Commission. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0245&from=en> (accessed on 09.05.2020).
244. A Digital Single Market Strategy for Europe. 6 May 2015. European Commission. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52015DC0192&from=EN> (accessed on 05.05.2020).
245. A Europe fit for the digital age. European Commission. Retrieved from: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age_en (accessed on 05.05.2020).
246. Adams, D. & Mpfu, K. (2018). What has Industry 4.0 got to do with us? A review of the Literature. Proceedings of the International Conference on

- Industrial Engineering and Operations Management, Pretoria, Johannesburg, South Africa, October 29 – November 1, 2018. pp. 431-449. Retrieved from: <http://ieomsociety.org/southafrica2018/papers/136.pdf> (accessed on 14.11.2019).
247. Alimisis, D. (2009). Robotic technologies as vehicles of new ways of thinking, about constructivist teaching and learning: the TERECOP Project. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 16(3), 21-23.
248. Alimisis, D. (2012). Integrating Robotics in Science and Technology Teacher Training Curriculum. *Proceedings of 3rd International Workshop "Teaching Robotics, Teaching with Robotics. Integrating Robotics in School Curriculum"*. Riva del Garda (Trento, Italy) April 20, 2012, pp. 170-179. Retrieved from: http://www.terecop.eu/TRTWR2012/trtwr2012_submission_28.pdf (accessed on 01.10.2019).
249. Alimisis, D. (2012). Robotics in Education & Education in Robotics: Shifting Focus from Technology to Pedagogy, in David Obdržálek (ed.) *Proceedings of the 3rd International Conference on Robotics in Education*, September 13-15, 2012, Charles University in Prague, Faculty of Mathematics and Physics, Prague, Czech Republic, pp. 7-14. Retrieved from: <http://roboesl.eu/wp-content/uploads/2017/08/Robotics-in-Education-Education-in-Robotics.pdf> (accessed on 29.05.2020).
250. Alimisis, D. (2013). Educational Robotics: new challenges and trends. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71.
251. Alimisis, D. (2019). Teacher Training in Educational Robotics: The ROBOESL Project Paradigm. *Technology, Knowledge and Learning*. Vol. 24, Issue 2, pp 279-290. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9357-0>.
252. Alimisis, D., Arlegui, J., Fava, N., Frangou, S., Ionita, S., Menegatti, E., Monfalcon, S., Moro, M., Papanikolaou, K. & Pina, A. (2010). Introducing robotics to teachers and schools: experiences from the TERECOP project, *Costructionism 2010 Conference Proceedings*, Paris. Retrieved from:

- <https://pdfs.semanticscholar.org/1b16/7f55555669b027d4a17747fa876eca0b49a4.pdf> (accessed on 01.10.2019).
253. Allen, I.E., & Seaman, J. (2011). Going The Distance: Online Education in the U.S. Babson Survey Research Group and Quahog Research Group. 2011. 40 p.
254. Alshehri, M. (2018). Empowering STEM Education with Innovative Learning through Educational Robotics. Proceedings of Researchfora 36th International Conference, New York, USA, 16th-17th December, 2018. pp. 43-48.
255. Ananny, M., & Kreiss, D. (2011). A new contract for the press: Copyright, public domain journalism, and self-governance in a digital age. *Critical Studies in Media Communication* Vol. 28 (2011), issue 4. 314-333. <https://doi.org/10.1080/15295036.2010.519339>.
256. Andrews M., Manning N. (2016). The EIP Peer-to-Peer Learning Guide. Retrieved from: https://www.effectiveinstitutions.org/media/The_EIP_P_to_P_Learning_Guide.pdf (accessed on 21.04.2020).
257. Angel-Fernandez A.M., Vincze M. (2018). Towards a Formal Definition of Educational Robotics. Conference: Austrian Robotics Workshop 2018. July 2018. DOI: [10.15203/3187-22-1-08](https://doi.org/10.15203/3187-22-1-08). Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/326640787_Towards_a_Formal_Definition_of_Educational_Robotics (accessed on 27.04.2020).
258. Anisimova, T.I., Sabirova, F.M., Shatunova, O.V. (2020). Formation of Design and Research Competencies in Future Teachers in the Framework of STEAM Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, Vol. 15, Issue. 02, pp. 204-217, jan. 2020. ISSN 1863-0383. doi: <http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v15i02.11537>. Retrieved from: <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/11537> (accessed on 11.05.2020).
259. Artemeva, D.V. & Zhilin, A.S. (2020). 3D-modeling Competences at Labor Market of Ural Region. Proceedings from III Annual International Conference "System Engineering", *KnE Engineering*, pp. 83-87. DOI

- 10.18502/keg.v5i3.6762. Retrieved from:
https://www.researchgate.net/publication/340513017_3D-modeling_Competences_at_Labor_Market_of_Ural_Region (accessed on 02.05.2020).
260. Atlas of Emerging Jobs (2015). Moscow. Skolkovo. 288 c. Retrieved from:
https://asi.ru/upload/iblock/315/Atlas-Eng_print_ready.compressed.pdf
 (accessed on 02.05.2020).
261. Atwood, T. (2010). Carnegie Mellon Launches a Mega Million Dollar Robotics Education Initiative. Robot Magazine. 2010. No. 11/12. pp. 64-70.
262. Aulbur, W., CJ, A., & Bigghe, R. (2016). Skill Development for Industry 4.0. Retrieved from: <http://www.globalskillsummit.com/Whitepaper-Summary.pdf>
 (accessed on 24.03.2020).
263. Badmus, O. (2018). Evolution of STEM, STEAM and STREAM Education in Africa: The Implication of the Knowledge Gap In book: Contemporary Issues in Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics Teacher Education in Nigeria (Festschrift in Honour of Prof. Isaac Olakanmi ABIMBOLA). 2018. 10 p. Retrieved from:
https://www.researchgate.net/publication/328631489_Evolution_of_STEAM_and_STREAM_Education_in_Africa_The_Implication_of_the_Knowledge_Gap (accessed on 25.05.2020).
264. Baheti, R., & Gill, H. (2011). Cyber-physical Systems. In T. Samad & A.M. Annaswamy (Eds.) The Impact of Control Technology (1st ed.). NY: IEEE Control Systems Society. Retrieved from:
<http://ieeecss.org/sites/ieeecss/files/2019-07/IoCT-Part3-02CyberphysicalSystems.pdf> (accessed on 25.04.2020).
265. Bakhshi, H., Downing, J., Osborne, M. & Schneider, P. (2017). The Future of Skills: Employment in 2030. 124 p. London: Pearson and Nesta. ISBN: 978-0-992-42595-1. Retrieved from:

<https://futureskills.pearson.com/research/assets/pdfs/technical-report.pdf>

(accessed on 11.05.2020).

266. Bakhtina, G.P. (2017). Computerization of society and the problem of "clip thinking". Retrieved from: <http://kpi.ua/en/node/10137> (accessed on 22.05.2020).
267. Balyk, N., & Shmyger, G. (2018). Development of Digital Competences of Future Teachers In E. Smyrnova-Trybulska (Ed.), *E-learning and Smart Learning Environment for the Preparation of New Generation Specialists Vol. 10* (pp. 487-501). Katowice-Cieszyn: Studio Noa for University of Silesia. ISSN: 2451-3644 (print edition) ISSN 2451-3652 (digital edition) ISBN: 978-83-66055-05-6. Retrieved from: <http://weinoe.old.us.edu.pl/sites/weinoe.us.edu.pl/files/media/10-487.pdf> (accessed on 05.05.2020).
268. Balyk, N., Barna, O., Shmyger, G., & Oleksiuk, V. (2018). Model of Professional Retraining of Teachers Based on the Development of STEM Competencies. *ICTERI Workshops*. Retrieved from: http://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_157.pdf (accessed on 27.04.2020).
269. Benedict, K. (2017, March 8). Get Ready for the Next 40 Months of Hyper-Digital Transformation. Retrieved from: <https://www.cognizant.com/perspectives/get-ready-for-the-next-40-months-of-hyper-digital-transformation> (accessed on 19.04.2020).
270. Beniger, J. (1986). *The Control Revolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
271. Benitti, F.B.V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988.
272. Bilyalova, A.A., Salimova, D.A., Zelenina, T.I. (2020). Digital Transformation in Education. In book: *Integrated Science in Digital Age*. 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-22493-6_24. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/333853986_Digital_Transformation_in_Education (accessed on 28.08.2020).

273. Bimber, B., Flanagin, A.J., & Stohl, C. (2012). *Collective Action in Organizations: Interaction and Engagement in an Era of Technological Change*. New York: Cambridge University Press, 2012. 240 p.
274. Boon Ng, Soo (2019). UNESCO. Exploring STEM Competences for the 21st Century. 53 p. Retrieved from: <http://learningportal.iiep.unesco.org/en/library/exploring-stem-competences-for-the-21st-century> (accessed on 27.04.2020).
275. Brečko, B., Ferrari, A. (2016). *The Digital Competence Framework for Consumers; Joint Research Centre Science for Policy Report*. ISSN 1831-9424. EUR 28133 EN; doi:10.2791/838886. Retrieved from: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC103155/Ifna28133enn.pdf> (accessed on 19.05.2020).
276. Bredenfeld, A., Hofmann, A., & Steinbauer, G. (2010). *Robotics in Education Initiatives in Europe – Status, Shortcomings and Open Questions. Proceedings of the SIMPAR 2010 Workshops of the International Conference on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots*. Darmstadt (Germany). November 15-16, 2010. pp. 568-574. Retrieved from: <https://pdfs.semanticscholar.org/cbba/bddd3e3fb82b8584e062d82f5c320747b2cb.pdf> (accessed on 01.10.2019).
277. Brennen, S. & Kreiss, D. (2014, September 8). *Digitalization and Digitization*. Retrieved from: <http://culturedigitally.org/2014/09/digitalization-and-digitization> (accessed on 09.04.2020).
278. Bumann, J.. & Peter, M.K. (2019). *Action Fields of Digital Transformation - A Review and Comparative Analysis of Digital Transformation Maturity Models and Frameworks. Digitalisierung und andere Innovationsformen im Management*. Publisher: Edition Gesowip. 2019. pp. 13-40.
279. *Cambridge Advanced Learner's Dictionary*. Cambridge University Press, 2008. 1852 c. ISBN 9783125179882.

280. Cannon-Ruffo, C.M. (2020). The Efficacy of Educational Robotics in an Integrated STEM Elementary Curriculum. Doctoral dissertation. Northern Illinois University, ProQuest Dissertations Publishing, 2020. 134 p. Retrieved from:
<https://media.proquest.com/media/hms/PFT/2/kQ2CI?s=7m19BmxujdqCk5T4bQWOt3%2BHal0%3D> (accessed on 29.04.2020).
281. Carnevale A.P., Smith N., & Melton M. (2011). STEM: Science Technology Engineering Mathematics. Executive Summary. Center on Education and the Workforce, Georgetown University (USA), 2011. 15 p. Retrieved from:
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED525298.pdf> (accessed on 23.04.2020).
282. Carretero, S. Vuorikari, R. & Punie, Y. (2017). DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use, 48 p. EUR 28558 EN. ISSN 1831-9424 doi:10.2760/38842. Retrieved from: [https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_\(online\).pdf](https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_(online).pdf) (accessed on 18.05.2020).
283. Castells, M. (2010). The Rise of the Network Society. Malden, MA: Wiley-Blackwell.
284. Centeno, C., Vuorikari, R., Punie, Y., O’Keeffe, W., Kluzer, S., Vitorica, A., Lejarzegi, R., Martínez de Soria, I., Bartolomé, J. (2019). Developing digital competence for employability: Engaging and supporting stakeholders with the use of DigComp. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019. 62 p. ISBN 978-92-76-13037-6, doi:10.2760/625745, JRC118711. Retrieved from:
https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118711/jrc118711_digcomp4empl_stakeholders_consultation_ws_report_v1.0_in_pubsy_final_v0.pdf (accessed on 18.05.2020).
285. ChanMin, K., Jiangmei, Y., Dongho, K., Prashant, D., Chi, T., Roger, H. & Ernst, M. (2017). Studying the Usability of an Intervention to Promote Teachers’

- Use of Robotics in STEM Education. *Journal of Educational Computing Research*. 56 (1). 073563311773853. DOI: 10.1177/0735633117738537.
286. Chapco-Wade, C. (2018, October 21). Digitization, Digitalization, and Digital Transformation: What's the Difference? Retrieved from: <https://medium.com/@colleenchapco/digitization-digitalization-and-digital-transformation-whats-the-difference-eff1d002fbdf> (accessed on 09.04.2020).
287. Chaudron S., Di Gioia R., Gemo M. (2018). Young children (0-8) and digital technology, a qualitative study across Europe; 266 p. EUR 29070; ISSN 1831-9424. doi:10.2760/294383. Retrieved from: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC110359/jrc110359_young_children_online.pdf (accessed on 19.07.2020).
288. Childhood in the digital age. [Online Course]. The Open University. Retrieved from: <https://www.open.edu/openlearn/education-development/childhood-the-digital-age/content-section-overview?active-tab=description-tab> (accessed on 20.05.2020).
289. Codrington, G. (2008, July). Detailed Introduction to Generational Theory. TomorrowToday. Retrieved from: <https://ngkok.co.za/sinode2016/intro-generations.pdf> (accessed on 21.05.2020).
290. Commission launches 'Opening up Education' to boost innovation and digital skills in schools and universities (2013, September 25). Press release. European Commission. Retrieved from: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_13_859/IP_13_859_EN.pdf (accessed on 18.07.2020).
291. Common Sense Census (2015, November 3). Media Use by Tweens and Teens: Infographic. Common Sense Media. Retrieved from: <https://www.commonsensemedia.org/the-common-sense-census-media-use-by-tweens-and-teens-infographic> (accessed on 19.05.2020).
292. Conrads, J., Rasmussen, M., Winters, N., Geniet, A., Langer, L. (2017). Digital Education Policies in Europe and Beyond: Key Design Principles for More

Effective Policies. Redecker, C., P. Kampylis, M. Bacigalupo, Y. Punie (ed.), EUR 29000 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, 202 p. ISBN 978-92-79- 77246-7, doi: 10.2760/462941, JRC109311. Retrieved from:

https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC109311/jrc109311_digedupol_2017-12_final.pdf (accessed on 19.07.2020).

293. Corbett, T., Dumaresq, C.C., Barnaby, T., & Baumer, C. (2014). The Framework for integrative Science, Technology, Engineering & Mathematics (STEM) education endorsement guidelines. Pennsylvania Department of Education. Retrieved from: [https://www.education.pa.gov/Documents/Teachers-Administrators/Certification%20Preparation%20Programs/Specific%20Program%20Guidelines/Integrative%20Science,%20Technology,%20Engineering,%20Mathematics%20\(STEM\)%20Education%20Guidelines.pdf](https://www.education.pa.gov/Documents/Teachers-Administrators/Certification%20Preparation%20Programs/Specific%20Program%20Guidelines/Integrative%20Science,%20Technology,%20Engineering,%20Mathematics%20(STEM)%20Education%20Guidelines.pdf) (accessed on 29.04.2020).

294. Corominas, M., Bonet, M., Guimerà, J.À., & Fernández, I. (2006). Digitalization and the Concept of "Local": The Case of Radio in Spain. *Journal of Radio Studies*, 13(1), 116-128. doi:10.1207/s15506843jrs1301_8.

295. Council conclusions of 12 May 2009 on a strategic framework for European cooperation in education and training (ET 2020). OJC 119, Official Journal of the European Union, 28.05.2009, pp. 2-10. Retrieved from: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009XG0528\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009XG0528(01)&from=EN) (accessed on 19.07.2020).

296. Council Recommendation of 22 May 2018 on key competences for lifelong learning. OJ C 189, 04.06.2018, pp. 1-13. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:C:2018:189:FULL&from=EN> (accessed on 16.05.2020).

297. Crabtree, M.C. (2020, May 1). Best Tech Jobs 2020: The Most In-Demand Technology Careers. Retrieved from: <https://careerkarma.com/blog/best-tech-jobs> (accessed on 02.05.2020).
298. Crea Robotica Educativa. Formaci n a docentes. Retrieved from: <https://crea-robotica.com/formaciondocentes> (accessed on 01.10.2019).
299. Creating a Better Internet for Kids | Shaping Europe’s digital future (2019, October 18). European Commission. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/content/creating-better-internet-kids-0> (accessed on 23.05.2020).
300. Crowe, S. (2018, October 23). Google Cloud Robotics Platform coming to developers in 2019. Retrieved from: <https://www.therobotreport.com/google-cloud-robotics-platform> (accessed on 01.12.2019).
301. CTE STEM Concepts (2018). Course Description. Utah State Board of Education. October 2018. Retrieved from: <https://www.schools.utah.gov/file/bc77933e-429d-4255-b332-dd35c89f59e1> (accessed on 29.04.2020).
302. Darmody, J. (2018, January 15). AI architect will be the hottest role in the future of work. Retrieved from: <https://www.siliconrepublic.com/jobs/ai-architects-hottest-jobs-future-work> (accessed on 02.05.2020).
303. Data never sleeps 8.0. domo [infographic]. Retrieved from: <https://www.domo.com/learn/data-never-sleeps-8> (accessed on 10.05.2020).
304. Deep Shift: Technology Tipping Points and Societal Impact (2015, September). Survey Report. Retrieved from: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf (accessed on 25.04.2020).
305. Detsikas, N., & Alimisis, D. (2011). Status and trends in educational robotics worldwide with special consideration of educational experiences from Greek schools. In D. Bezakova & I. Kalas (eds.), *Proceedings of the International*

Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution and Perspectives.
Bratislava: Comenius University. pp. 1-12.

306. Die KMK-Strategie "Bildung in der digitalen Welt" 2016. Retrieved from: <https://www.gew.de/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=85716&token=b70f9c827b85bb29ac92a8d7a2f8c63db30b58e2&sdownload=&n=Dossier-KMK-Strategie-GEW-final.pdf> (accessed on 13.04.2020).
307. Digital 2020: Global Digital Overview – DataReportal – Global Digital Insights (2020, January 30). Retrieved from: <https://datareportal.com/reports/digital-2020-global-digital-overview> (accessed on 18.04.2020).
308. Digital 2020: Ukraine – DataReportal – Global Digital Insights (2020, February 18). Retrieved from: <https://datareportal.com/reports/digital-2020-ukraine> (accessed on 18.04.2020).
309. Digital Agenda for Europe. Manuscript. European Union, 2014. ISBN 978-92-79-41904-1. doi:10.2775/41229. Retrieved from: https://europa.eu/european-union/file/1497/download_en?token=KzfSz-CR (accessed on 13.04.2020).
310. Digital Economy Compass 2018 (2018, July). 224 p. Statista. Retrieved from: <https://www.slideshare.net/LucasModesto6/digital-economy-compass-2018-106806763> (accessed on 25.04.2020).
311. Digital Economy Compass 2019 (2019, July). 230 p. Statista. Retrieved from: <https://www.statista.com/study/52194/digital-economy-compass> (accessed on 25.04.2020).
312. Digital Education Policies (2019, January 25). European Commission. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/jrc/en/digital-education-policies> (accessed on 19.07.2020).
313. Digital Europe Programme: a proposed €9.2 Billion of funding for 2021-2027 (2019, June 26). European Union. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/digital-europe-programme-proposed-eu92-billion-funding-2021-2027> (accessed on 05.05.2020).

314. Digital Government Strategy. United States Department of State. Retrieved from: <https://www.state.gov/digital-government-strategy> (accessed on 11.07.2020).
315. Digital Government: Building a 21st Century Platform to Better Serve the American People. Retrieved from: <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/omb/egov/digital-government/digital-government.html> (accessed on 11.07.2020).
316. Digital in Ukraine – DataReportal – Global Digital Insights. Retrieved from: <https://datareportal.com/digital-in-ukraine> (accessed on 18.04.2020).
317. Digital Learning & ICT in Education (2019, July 29). European Commission. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/digital-learning-ict-education> (accessed on 18.07.2020).
318. Digital Technology | Definition of Digital Technology at Dictionary.com. Retrieved from: <https://www.dictionary.com/browse/digital-technology> (accessed on 26.04.2020).
319. Digital Transformation in Higher Education (2017, August). Navitas Ventures. Report. 2017. 24 p. Retrieved from: https://www.navitasventures.com/wp-content/uploads/2017/08/HE-Digital-Transformation-Navitas_Ventures_EN.pdf (accessed on 28.04.2020).
320. Digital Transformation in the EU 2035: a Glimpse into the Future (2019). Deloitte. Issue 07/2019. 20 p. Retrieved from: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/strategy/deloitte-future-of-digital-transformation-eu-2035.pdf> (accessed on 09.05.2020).
321. Digital Transformation Initiative: in collaboration with Accenture (2018 May). Executive Summary. World Economic Forum. [PowerPoint slides]. Retrieved from: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-executive-summary-20180510.pdf> (accessed on 09.05.2020).

322. Digital Transformation Initiative: Maximizing the Return on Digital Investments (2018 May). World Economic Forum. 27 p. Retrieved from: http://www3.weforum.org/docs/DTI_Maximizing_Return_Digital_WP.pdf (accessed on 09.05.2020).
323. Digital transformation: online guide to digital business transformation. Retrieved from: <https://www.i-scoop.eu/digital-transformation> (accessed on 20.04.2020).
324. Doyle A. (2020, January 20). Hard Skills vs. Soft Skills: What's the Difference? The Balance Careers. Retrieved from: <https://www.thebalancecareers.com/hard-skills-vs-soft-skills-2063780> (accessed on 12.05.2020).
325. Drivers, evolutions and spending in the Industry 4.0 market until 2022. Retrieved from: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/drivers-spending-industry-4-0-market-2022> (accessed on 20.04.2020).
326. Duch B., Groh S., Allen D. Why problem-based learning? A case study of institutional change in undergraduate education. The power of problem-based learning. Sterling, V. Stylus, 2001, pp. 3-11.
327. Duggal, N. (2020, April 21). Top 8 Technology Trends for 2020. Retrieved from: <https://www.simplilearn.com/top-technology-trends-and-jobs-article> (accessed on 02.05.2020).
328. Education and Training Monitor 2019 EU infographics (2019). European Commission [Infographics]. Retrieved from: https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/document-library-docs/education-and-training-monitor-2019-eu-infographics_en.pdf (accessed on 19.07.2020).
329. Education and Training Monitor EU analysis, volume 1, 2019 (2019). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019, September. 131 p. ISSN 2315-1064. doi: 10.2766/69134. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/document-library->

- [docs/volume-1-2019-education-and-training-monitor.pdf](#) (accessed on 19.07.2020).
330. Educational Robot | Teach Students STREAM skills. SoftBank Robotics. Retrieved from: <https://13779usreg20181102.com/us/solutions/education-learn-coding> (accessed on 25.05.2020).
331. Edwards, P.N. The closed world: Computers and the politics of discourse in Cold War America. MIT Press, 1997.
332. Eguchi, A. (2010). What is educational robotics? Theories behind it and practical implementation. In D. Gibson & B. Dodge (eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010*. Chesapeake, VA: AACE. pp. 4006-4014. San Diego, CA, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Retrieved from: <https://www.learntechlib.org/p/34007> (accessed on 29.04.2020).
333. Eguchi, A. (2014). Educational robotics for promoting 21 century skills. *Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems*, 8(1), 9-11. DOI: 10.14313/JAMRIS_1-2014/1.
334. Eguchi, A. (2014). Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation. Proceedings of 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education, Padova (Italy), July 18, 2014. pp. 24-37. Retrieved from: http://www.terecop.eu/TRTWR-RIE2014/files/00_WFr1/00_WFr1_04.pdf (accessed on 01.05.2020).
335. EU Budget for the Future. Digital Europe Programme: a proposed €9.2 Billion of funding for 2021-2027. Retrieved from: https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=60502 (accessed on 14.04.2020).
336. Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. 3 March 2010. European Commission. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%>

- [20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf](#) (accessed on 09.05.2020).
337. European Commission Digital Strategy. 28 November 2018. European Commission. Retrieved from: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/strategy/decision-making_process/documents/ec_digitalstrategy_en.pdf (accessed on 06.05.2020).
338. European Schoolnet Academy. Official website. Retrieved from: <https://www.europeanschoolnetacademy.eu> (accessed on 14.04.2020).
339. Executive Summary World Robotics 2018 Industrial Robots. Retrieved from: https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_2018_Industrial_Robots.pdf (accessed on 02.12.2019).
340. Feldman, T. (1997). *An Introduction to Digital Media*. New York: Routledge.
341. Ferrari, A. (2012). *Digital Competence in Practice*. European Commission Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological Studies. Spain: Seville. Retrieved from: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC68116.pdf> (accessed on 18.05.2020).
342. Ferrari, A. (2013). *DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. 50 p. ISSN 1831-9424 (online). doi: 10.2788/52966. Retrieved from: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC83167.pdf> (accessed on 19.05.2020).
343. Flot, J., Schunn, C., Lui, A., & Shoop, R. (2012). Learning how to program via robot simulation. *Robot Magazine*. 2012, No. 37, pp. 68-70. Retrieved from: https://www.ri.cmu.edu/pub_files/2012/11/EDU_BOTS_Programming_through_Sim-cds1.pdf (accessed on 01.10.2019).
344. Fonds National Suisse. De la Recherche scientifique. Agora – La rencontre entre la science et la socit. Retrieved from: <http://www.snf.ch/fr/encouragement-communication-scientifique/agora/Pages/default.aspx> (accessed on 01.10.2019).

345. Ford, F.R. & Lobo, I. (2017). Digital disruption: Development unleashed. Multiply innovation, collaboration and impact through digital in international development. Accenture. Retrieved from: https://www.accenture.com/t20170601T083538Z_w_usen/acnmedia/PDF-40/Accenture-Digital-Disruption-Development-Unleashed.pdf (accessed on 25.04.2020).
346. From Industry 4.0 to Society 5.0: the big societal transformation plan of Japan. Retrieved from: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/society-5-0> (accessed on 20.04.2020).
347. Future of Jobs Report 2018 – Reports – World Economic Forum. Retrieved from: <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2018> (accessed on 30.04.2020).
– САЊТ ЗИ ЗБИТОМ
348. Global industrial robot sales doubled over the past five years – International Federation of Robotics. Retrieved from: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-industrial-robot-sales-doubled-over-the-past-five-years> (accessed on 01.12.2019).
349. Google Cloud (2018, September 28). *Google's Cloud Robotics* [Video]. YouTube. Retrieved from: https://www.youtube.com/watch?time_continue=9&v=eo8MzGIYGzs (accessed on 01.12.2019).
350. Haesen, S., & Van de Put, E. (2018 September). STEAM Education in Europe: A Comparative Analysis Report. EuroSTEAM. 82 p. ISBN 9789090311968. Retrieved from: http://www.eurosteamproject.eu/res/Comparative_analysis_report_vlatest.pdf (accessed on 25.05.2020).
351. Hamari, J. & Eranti, V. (2011). Framework for Designing and Evaluating Game Achievements. *Proceedings of 2011 DiGRA International Conference: Think Design Play*. (Hilversum, Netherlands, September 14-17). DiGRA/Utrecht School of the Arts, January, 2011. Vol. 6. pp. 1-20. ISSN 2342-9666. Retrieved

from: <http://www.digra.org/wp-content/uploads/digital-library/11307.59151.pdf>
(accessed on 15.04.2020).

352. Hassan, I.H. (2001). From Postmodernism to Postmodernity: The Local/Global Context. *Philosophy and Literature*, Vol. 25, no. 1, 2001, pp. 1-13. Project MUSE, [doi:10.1353/phl.2001.0011](https://doi.org/10.1353/phl.2001.0011) (accessed on 20 July 2019).
353. Hermann M., Pentek T. & Otto B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Technische Universitat Dortmund. Retrieved from: http://www.iim.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf, (accessed on 01.12.2019).
354. Howe, N., Strauss, W. (1991). *Generations: The History of America's Future, 1584 to 2069*. New York: William Morrow & Company. ISBN 978-0-688-11912-6.
355. Howe, N., Strauss, W. (2000). *Millennials Rising: The Next Great Generation*. Knopf Doubleday Publishing Group. ISBN 978-0-375-70719-3.
356. Howe, N., Strauss, W. (2007). *Millennials & K-12 Schools: Educational Strategies for a New Generation*. Great Falls: LifeCourse Associates. ISBN 978-0-9712606-5-8.
357. Huawei Predicts 10 Megatrends for 2025. Retrieved from: <https://www.huawei.com/en/news/2019/8/huawei-predicts-10-megatrends-2025> (accessed on 21.07.2020).
358. ICT in education under FP7, CIP and Horizon2020 (2010, December 1). European Commission. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ict-education-under-fp7-cip-and-horizon2020> (accessed on 18.07.2020).
359. ICT vs Digital Technologies. Digital Technologies Hub. Retrieved from: <https://www.digitaltechnologieshub.edu.au/teachers/australian-curriculum/ict-vs-digital-technologies> (accessed on 06.04.2020).

360. IFR Press Conference (2019, September 18). IFR World Robotics Presentation. [PowerPoint slides]. International Federation of Robotics. Retrieved from: <https://ifr.org/downloads/press2018/IFR%20World%20Robotics%20Presentation%20-%2018%20Sept%202019.pdf> (accessed on 26.05.2020).
361. IMD World Digital Competitiveness Ranking 2017. International Institute for Management Development. 180 p. Retrieved from: https://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/release-2017/world_digital_competitiveness_yearbook_2017.pdf (accessed on 13.07.2020).
362. IMD World Digital Competitiveness Ranking 2018. International Institute for Management Development. 179 p. Retrieved from: https://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/imd_world_digital_competitiveness_ranking_2018.pdf (accessed on 13.07.2020).
363. IMD World Digital Competitiveness Ranking 2019. International Institute for Management Development. 180 p. Retrieved from: <https://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/release-2019/digital/imd-world-digital-competitiveness-rankings-2019.pdf> (accessed on 13.07.2020).
364. Improving and Modernising Education. 7 December 2016. European Commission. 9 p. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0941&from=EN> (accessed on 18.07.2020).
365. Inamorato dos Santos, A., Punie, Y., Castaño-Muñoz, J. (2016). Opening up Education: A Support Framework for Higher Education Institutions. JRC Science for Policy Report, 78 p. EUR 27938 EN; ISSN 1831-9424. doi:10.2791/293408. Retrieved from: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC101436/jrc101436.pdf> (accessed on 19.05.2020).

366. Industry 4.0: Definition, Design Principles, Challenges, and the Future. Published on 16 January 2017. Retrieved from: <https://www.cleverism.com/industry-4-0> (accessed on 14.11.2019).
367. Industry 4.0: hopes, fears, reality, and future. Published on 4 September 2018. Retrieved from: <https://www.elinext.com/industries/manufacturing/trends/industry-4-0-hopes-fears-reality-and-future> (accessed on 14.11.2019).
368. Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0. Retrieved from: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0> (accessed on 20.04.2020).
369. Irniger, A. (2017, November 29). Difference between Digitization, Digitalization and Digital Transformation. Retrieved from: <https://www.coresystems.net/blog/difference-between-digitization-digitalization-and-digital-transformation> (accessed on 09.04.2020).
370. IT industry Outlook 2020 (2019 November). Research Report. Comptia. 42 p. Retrieved from: https://comptiacdn.azureedge.net/webcontent/docs/default-source/research-reports/comptia-it-industry-outlook-2020.pdf?sfvrsn=8869ad68_0 (accessed on 13.07.2020).
371. iTEC (2015d). Students creating science learning resources. Retrieved from: http://itec.eun.org/c/document_library/get_file?p_l_id=18097&folderId=29363&name=D_LFE-1532.pdf (accessed on 13.07.2020).
372. Jang, H. (2016). Identifying 21st Century STEM Competencies Using Workplace Data. Journal of Science Education and Technology. Vol. 25(2). pp. 284-301. 2016. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9593-1>. Retrieved from: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1511/1511.05858.pdf> (accessed on 23.04.2020).
373. Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation (2017 December). McKinsey Global Institute. 160 p. Retrieved from: [https://www.mckinsey.com/~/_media/mckinsey/featured%20insights/future%20of%20organizations/what%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%](https://www.mckinsey.com/~/_media/mckinsey/featured%20insights/future%20of%20organizations/what%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20)

[20for%20jobs%20skills%20and%20wages/mgi%20jobs%20lost-jobs%20gained_report_december%202017.ashx](https://www.mgi.gov.uk/mgi-jobs-skills-wages-report-december-2017) (accessed on 01.05.2020).

374. Juno Rover: intro to electronics and coding by ExploreMaking – Thingiverse. Published on 15 August 2016. Retrieved from: <https://www.thingiverse.com/thing:1720394> (accessed on 14.11.2019).
375. Kamyliis, P., Punie, Y. & Devine, J. (2015). Promoting Effective Digital-Age Learning - A European Framework for Digitally-Competent Educational Organisations. 77 p. EUR 27599 EN; doi:10.2791/54070. ISSN 1831-9424. Retrieved from: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC98209/jrc98209_r_digcomporg_final.pdf (accessed on 19.05.2020).
376. Kasenally, A. (2018, October 20). Confused about Digital Transformation? So was I. Retrieved from: <http://blog.reddot.mu/tag/digitalization> (accessed on 20.04.2020).
377. Kelentrić, M., Helland, K. & Arstorp, A.T. (2017). Professional Digital Competence Framework for Teachers in Norway. The Norwegian Centre for ICT in Education. 75 p. ISBN 978-82-93378-51-8 (PDF) English. Retrieved from: <https://www.udir.no/in-english/professional-digital-competence-framework-for-teachers> (accessed on 18.05.2020).
378. Kim B.H., Kim J. (2016). Development and Validation of Evaluation Indicators for Teaching Competency in STEAM Education in Korea. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 2016, 12(7), 1909-1924. ISSN: 1305-8223. doi: 10.12973/eurasia.2016.1537a. Retrieved from: <https://www.ejmste.com/download/development-and-validation-of-evaluation-indicators-for-teaching-competency-in-steam-education-in-4580.pdf> (accessed on 11.05.2020).
379. Kim J.-O., & Kim J. (2018). Development and Application of Art Based STEAM Education Program Using Educational Robot. International Journal of Mobile and Blended Learning. 2018. Vol. 10. Issue 3. pp. 46-57. doi:

- 10.4018/IJMBL.2018070105. Retrieved from: <http://ser-vices.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx> (accessed on 29.04.2020).
380. Knickrehm, M., Berthon B., Daugherty, P. (2016). Digital disruption: The growth multiplier. Optimizing digital investments to realize higher productivity and growth. Accenture Strategy, 11 p. Retrieved from: https://www.accenture.com/_acnmedia/pdf-14/accenture-strategy-digital-disruption-growth-multiplier-brazil.pdf (accessed on 25.04.2020).
381. Knorr, C., Karin, & Urs, B. (2002). Global Microstructures: The Virtual Societies of Financial Markets. *American Journal of Sociology* 107, no. 4 (2002): 905-950.
382. Kornuta, O., Pryhorovska, T., & Potiomkina, N. (2017). Clip Thinking and Clip Perception: Teaching Methods Aspect. *Electronic scientific professional publication "Open educational e-environment of modern University"*. (3). pp. 75-79. ISSN: 2414-0325. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2017.3.7579>.
383. Kramer B. & Bosman J. (2016). *Innovations in scholarly communication – global survey on research tool usage* [version 1; referees: 2 approved] F1000Research 2016, 5:692 doi: 10.12688/f1000research.8414.1.
384. Kubilinskiene, S., Zilinskiene, I., Dagiene, V., & Sinkevièius, V. (2017). Applying robotics in school education: A systematic review. *Baltic Journal of Modern Computing*, 5(1), 50-69. doi: <http://dx.doi.org/10.22364/bjmc.2017.5.1.04> (accessed on 25.05.2020).
385. Kushnir N., Osipova N., Valko N., & Kuzmich L. (2020). Model of an Education Robotics Course for Natural Sciences Teachers. Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI 2020). Volume I: Main Conference. Kharkiv, Ukraine, October 06-10, 2020. Retrieved from: <http://ceur-ws.org/Vol-2740/20200322.pdf> (accessed on 06.10.2020).

386. Kushnir, N., Valko, N., Osipova, N., Bazanova, T. (2018). Experience of Foundation STEM-School. Proceedings of the 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume II: Workshops. 431-446. Retrieved from: http://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_241.pdf (accessed on 22.03.2020).
387. Kuzmina, N., & Strutynska, O., (2013). Automated Working Place of Future Teachers of Economics in Distance Learning In: 'E-learning & Lifelong Learning', Monograph Sc. Editor: Eugenia Smyrnova-Trybulska, University of Silesia, Studio-Noa, Katowice-Cieszyn, Vol. 5, 2013, p. 465-477.
388. LEGO Education WeDo 2.0: пробная версия учебных материалов. URL: <https://education.lego.com/ru-ru/support/wedo-2/curriculum-preview> (дата обращения: 02.12.2018).
389. Liao, Y., Deschamps, F., Freitas Rocha Loures, E. & Ramos, L. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 – a systematic literature review and research agenda proposal. International Journal of Production Research. ISSN: 0020-7543 (Print), 1366-588X (Online). DOI: 10.1080/00207543.2017.1308576.
390. Litinas, A., & Alimisis, D. (2013). Planning, implementation and evaluation of lab activities using robotic technology for teaching the phenomenon of motion. In A. Ladas, A. Mikropoulos, C. Panagiotakopoulos, F. Paraskeva, P. Pintelas, P. Politis, S. Retalis, D. Sampson, N. Fachantidis, & A. Chalkidis (eds.). *Proceedings of the 3rd Pan-Hellenic Conference "Integration and Use of ICT in Educational Process"*. Piraeus: HAICTE & University of Piraeus.
391. Liventsova, E., Rummyantseva, T. & Syryamkina, E. (2018). A Competence-Based Approach to Training Specialists in the Digital Society. MATEC Web of Conferences 155, 01013 (2018). <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815501013>.
392. Llewellyn, G. (2020, April 29). Current and future demand for digital skills. Smart Insights. Retrieved from: <https://www.smartinsights.com/managing->

[digital-marketing/personal-career-development/current-and-future-demand-for-digital-skills/](#) (accessed on 17.05.2020).

393. Manoff, M. (2006). The Materiality of Digital Collections: Theoretical and Historical Perspectives. *Portal: Libraries and the Academy*, 6(3), 311.
394. Meeth, L.R. (1978). Interdisciplinary Studies: Integration of Knowledge and Experience. *Change*. Vol.10. pp. 6-9.
395. Mergel, I., Edelman, N. & Haug, N. (2019). Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government Information Quarterly*. Volume 36, Issue 4, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002>.
396. Miao, F., Mishra, S., & McGreal, R. (2016). Open Educational Resources: Policy, Costs and Transformation. UNESCO publication. Retrieved from: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002443/244365e.pdf> (accessed on 14.04.2020).
397. Mohagheh, M., & McCauley, M. (2016). Computational Thinking: The Skill Set of the 21st Century. *International Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT)*, Vol. 7 (3), 2016, 1524-1530. ISSN: 0975-9646. Retrieved from: <http://ijcsit.com/docs/Volume%207/vol7issue3/ijcsit20160703104.pdf> (accessed on 14.04.2020).
398. Morze N., Strutynska O. Development of the Digital Transformation Model for Higher Educational Institutions. Proceedings VII International conference "Information Technology and Interactions (satellite) – 2020" (IT&I-2020 (satellite)), (December 04, 2020, Kyiv, Ukraine). Kyiv: Stylos, 2020. pp. 266-269.
399. Morze, N., Smyrnova-Trybulska, E., & Boiko, M. (2019). The Impact of Educational Trends on the Digital Competence of Students in Ukraine and Poland. *E-learning and STEM Education Scientific Editor Eugenia Smyrnova-Trybulska "E-learning"*, 11, Katowice-Cieszyn 2019, pp. 365-379. DOI: 10.34916/el.2019.11.23.

400. Morze, N., Strutyńska, O., Umryk, M., (2018). Implementation of robotics as a modern trend in STEM-education In 'International Journal of Research in E-learning', Vol. 4 (2), 2018, pp. 11-32. ISSN 2543-6155. DOI: 10.31261/IJREL.2018.4.2.02.
401. Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D., Filippi, S. (2017). How will change the future engineers' skills in the Industry 4.0 framework? A questionnaire survey. *Procedia Manufacturing* 11 (2017). pp. 1501-1509. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.282>. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917304900> (accessed on 23.03.2020).
402. Muluk, T. (2016, April). ICT in Education for Digital Transformation. [Presentation]. ITU Regional Workshop for CIS on "Strengthening Capacity Building in the field of Telecommunications/ICT". April 12-14, 2016. Odessa (Ukraine). Retrieved from: https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/CIS/Documents/Events/2017/04_Odessa/Presentations/ITU%20Workshop%2012.04-Turhan%20Muluk.pdf (accessed on 29.04.2020).
403. Murray, J. (2011). Cloud network architecture and ICT - Modern Network Architecture. *TechTarget*. Retrieved from: <http://itknowledgeexchange.techtarget.com/modern-network-architecture/cloud-network-architecture-and-ict> (accessed on 10.08.2020).
404. Negreiro, M. & Madiega, T. (2019, June). Digital transformation. Briefing of European Parliament. Retrieved from: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633171/EPRS_BRI\(2019\)633171_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633171/EPRS_BRI(2019)633171_EN.pdf) (accessed on 09.05.2020).
405. Negrini, L. (2019). Teacher Training in Educational Robotics. An Experience in Southern Switzerland: The PReSO Project. In: Lepuschitz W., Merdan M., Koppensteiner G., Balogh R., Obdržálek D. (eds). *Robotics in Education. Methods and Applications for Teaching and Learning*. Springer, pp. 92-97. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-97085-1_10.

406. Networked readiness index - Ranking, 2019. Knoema. Retrieved from: <https://knoema.ru/atlas/topics/%d0%9c%d0%b8%d1%80%d0%be%d0%b2%d1%8b%d0%b5-%d1%80%d0%b5%d0%b9%d1%82%d0%b8%d0%bd%d0%b3%d0%b8/%d0%9c%d0%b8%d1%80%d0%be%d0%b2%d1%8b%d0%b5-%d1%80%d0%b5%d0%b9%d1%82%d0%b8%d0%bd%d0%b3%d0%b8/Networked-readiness-index?baseRegion=UA> (accessed on 13.07.2020).
407. Nguyen Thi To Khuyen, Nguyen Van Bien, Pei-Ling Lin, Jing Lin, & Chun-Yen Chang (2020). Measuring Teachers' Perceptions to Sustain STEM Education Development. *Sustainability* 2020, 12, 1531; doi:10.3390/su12041531. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/4/1531/pdf> (accessed on 23.04.2020).
408. Nguyen, D. The university in a world of digital technologies: Tensions and challenges. *Australasian Marketing Journal (AMJ)*. 2018, 26, 79-82. <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2018.05.012>.
409. NMC Horizon Report Preview (2018). Educause. Retrieved from: <https://bluesyemre.files.wordpress.com/2018/08/previewhr2018.pdf> (accessed on 06.08.2020).
410. No Longer Optional: Employer Demand for Digital Skills (2019 June). Burning Glass Technologies. 108 p. Retrieved from: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/807830/No_Longer_Optional_Employer_Demand_for_Digital_Skills.pdf (accessed on 16.05.2020).
411. OECD (2016). Supporting Teacher Professionalism: Insights from TALIS 2013. OECD Publishing. ISSN 23129638. <https://doi.org/10.1787/23129638>. Retrieved from: <https://www.oecd.org/publications/supporting-teacher-professionalism-9789264248601-en.htm> (accessed on 19.07.2020).
412. OECD (2019). OECD Employment Outlook 2019: The Future of Work, OECD Publishing, Paris. 345 p. <https://doi.org/10.1787/9ee00155-en> ISBN 978-92-64-

- 72715-1 (print). ISBN: 9789264497009 (pdf). Retrieved from: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9ee00155-en.pdf?expires=1588358227&id=id&accname=guest&checksum=79243CD2B8B6456B5045311C17199267> (accessed on 01.05.2020).
413. OECD (2019). OECD Employment Outlook 2019: The Future of Work. Highlights. 27 p. Retrieved from: <https://www.oecd.org/employment/employment-outlook-2019-highlight-en.pdf> (accessed on 01.05.2020).
414. OECD (2019). Vectors of digital transformation. OECD Digital Economy Papers, No. 273, OECD Publishing, Paris. ISSN: 20716826 (online). <https://doi.org/10.1787/5ade2bba-en>.
415. OECD Future of Education and Skills 2030 (2019). Conceptual Learning Framework. Skills for 2030. 15 p. Retrieved from: https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/skills/Skills_for_2030_concept_note.pdf (accessed on 12.05.2020).
416. Ortiz, A., Bos, B. & Smith, S. (2015). The Power of Educational Robotics as an Integrated STEM Learning Experience in Teacher Preparation Programs. *Journal of College Science Teaching*. 44. DOI: 10.2505/4/jcst15_044_05_42.
417. Owen, J.M. (2007). *The Scientific Article in the Age of Digitalization*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
418. Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. New York, Basic Books, Inc.
419. Papert, S. (1991). *Situating Constructionism*. In S.Papert and I.Harel (eds.) *Constructionism*, Norwood, NJ, Ablex Publishing Corporation.
420. Partnership for 21st Century Skills, "21st Century Skills, Education & Competitiveness Guide – A Resource and Policy Guide", Retrieved April 15, 2013 from

- http://www.p21.org/storage/documents/21st_century_skills_education_and_competitiveness_guide.pdf, 2008.
421. Partnership for 21st Century Skills. Framework for 21st Century Learning. Retrieved from: <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>. (accessed on 10.05.2020).
422. Pawlowski, J.M. (2019, September 26). Digital Transformation - how to survive in the age of Digitization. [Presentation]. Conference "New Pedagogical Approaches in STEAM Education". September 26-27, 2019. Kyiv (Ukraine).
423. Pedagogical Guide: Digital Competency Framework (2020, May). Quebec Votre Gouvernement. 11 p. ISBN 978-2-550-86551-3 (PDF). Retrieved from: http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/guid_e-cadre-reference-PAN-en.pdf (accessed on 17.05.2020).
424. Pepperell, R. (2003). *The Posthuman Condition: Consciousness beyond the brain*. Portland, Oregon: Intellect Books.
425. Petrovič, P., & Balogh, R. (2008). Educational robotics initiatives in Slovakia. *Proceedings of the SIMPAR 2008 Workshop of the International Conference on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots*. Venice (Italy). November 3-4, 2008. pp. 122-131. Retrieved from: <http://www.dei.unipd.it/~emg/downloads/SIMPAR08-WorkshopProceedings/TeachingWithRobotics/petrovic.pdf> (accessed on 01.10.2019).
426. PISA 2018 and the EU - Striving for social fairness through education (2019). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019, December. 37 p. ISBN 978-92-76-10360-8. doi: 10.2766/964797. Retrieved from: https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/document-library-docs/pisa-2018-eu_1.pdf (accessed on 19.07.2020).
427. Portulans Institute (2019): *Network Readiness Index 2019*, Washington D.C., USA. 310 p. ISBN: 978-0-578-62273-6. Retrieved from: <https://networkreadinessindex.org/wp-content/uploads/2020/03/The-Network->

- [Readiness-Index-2019-New-version-March-2020-2.pdf](#) (accessed on 13.07.2020).
428. Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. On the Horizon. MCB University Press. 2001. October. Vol. 9. Issue 5. DOI: dx.doi.org/10.1108/10748120110424843 Retrieved from: <http://www.marcprensky.com> (accessed on 19.05.2020).
429. Professor August Wilhelm Scheer. Personal Blog. 2016. Retrieved from: <http://www.august-wilhelm-scheer.com> (accessed on 13.04.2020).
430. Recommendation 2006/962/EC of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning. OJ L 394, 30.12.2006, pp. 10-18. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=EN> (accessed on 15.05.2020).
431. Redecker, C. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Punie, Y. (ed). EUR 28775 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, 95 p. ISBN 978-92-79-73494-6, doi: 10.2760/159770, JRC107466. Retrieved from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fcc33b68-d581-11e7-a5b9-01aa75ed71a1/language-en> (accessed on 16.05.2020).
432. Reeves, B., & Read, J.L. (2009). Total Engagement: Using Games and Virtual Worlds to Change the Way People Work and Businesses Compete. Harvard Business Press. 274 p. ISBN 978-1-4221-4657-6. DOI:10.5860/choice.47-4510. Retrieved from: <https://www.semanticscholar.org/paper/Total-Engagement%3A-Using-Games-and-Virtual-Worlds-to-Reeves-Read/0593f007da6844146524b5e45c151fbc4a004f8e> (accessed on 15.04.2020).
433. Remake Learning Competencies. Project Results 2014-2015. Pittsburgh (USA). Retrieved from: <https://competencies.remakelarning.org> (accessed on 10.05.2020).

434. Remake Learning Competencies. Robotics Competencies. Project Results 2014-2015. Pittsburgh (USA). Retrieved from: <https://competencies.remakelearning.org/#robotics> (accessed on 10.05.2020).
435. Remake Learning Competencies. STEAM Competencies. Project Results 2014-2015. Pittsburgh (USA). Retrieved from: <https://competencies.remakelearning.org/#steam> (accessed on 10.05.2020).
436. Research and Innovation for ICT in education (2019, May 17). European Commission. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/research-and-innovation-ict-education> (accessed on 18.07.2020).
437. Robinson, D. (2008). Analog. In *Software Studies: A Lexicon*, edited by Matthew Fuller, 21-31. Cambridge: MIT Press.
438. RoboCity2030.org. Mision. Retrieved from: <http://www.robocity2030.org/mision> (accessed on 01.10.2019).
439. Robotics in STEM Education. Redesigning the Learning Experience. Khine M.S. (Ed.) Springer International Publishing. 2017. VI, 262 p. ISBN: 978-3-319-57785-2. DOI: 10.1007/978-3-319-57786-9. Retrieved from: <https://www.springer.com/gp/book/9783319577852> (accessed on 29.04.2020).
440. Rockland, R., Bloom, D. S., Carpinelli, J., Burr-Alexander, L., Hirsch, L. S., & Kimmel, H. (2010). Advancing the "E" in K-12 STEM education. *Journal of Technology Studies*, 36(1), 53-64.
441. Roehrig, P., & Pring, B. (2016). *The Work Ahead: Mastering the Digital Economy*. Retrieved from: <https://www.cognizant.com/whitepapers/the-work-ahead-mastering-the-digital-economy-codex2115.pdf> (accessed on 19.04.2020).
442. Rof, A., Bikfalvi, A. & Marquès, P. (2020). Digital Transformation for Business Model Innovation in Higher Education: Overcoming the Tensions. *Sustainability* 2020, 12(12), 4980; <https://doi.org/10.3390/su12124980>. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/12/4980/pdf> (accessed on 29.05.2020).
443. Ruíz, F., Zapatera, A., Montes, N. (2020). Curriculum analysis and design, implementation, and validation of a STEAM project through educational robotics

- in primary education. *Computer Application in Engineering Education*. 2020, 1-15. <https://doi.org/10.1002/cae.22373>.
444. Sánchez Begines, J., Escalona, M., Strutynska, O., Umryk, M., Wojdyski, T., & Dominguez Mayo, F. (2017). The Importance of User in ISD. Do We Really Teach? In Paspallis, N., Raspopoulos, M. Barry, M. Lang, H. Linger, & C. Schneider (Eds.), *Information Systems Development: Advances in Methods, Tools and Management (ISD2017 Proceedings)*. Larnaca, Cyprus: University of Central Lancashire Cyprus - **Scopus**.
445. Satellite broadband for schools: Feasibility study (2015). Final Report. European Commission. 149 p. ISBN 978-92-79-68471-5. doi:10.2759/835661. Retrieved from: https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=46134 (accessed on 18.07.2020).
446. Savić, D. (2019). From Digitization, through Digitalization, to Digital Transformation. 43/2019. 36-39. Retrieved from: <https://www.researchgate.net/publication/332111919> (accessed on 24.04.2020).
447. School Education Gateway (2016). School leadership: when good leaders build the future education of Europe. Retrieved from: <https://www.schooleducationgateway.eu/en/pub/latest/practices/school-leadership--when-good-.htm> (accessed on 19.07.2020).
448. Sejati B.K., Firman H. & Kaniawati I. (2017). STEM-based workbook: Enhancing students' STEM competencies on lever system. AIP Conference Proceedings 1848, 060005 (2017); <https://doi.org/10.1063/1.4983973>. Retrieved from: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4983973> (accessed on 27.04.2020).
449. Sen, Ceylan & Ay, Zeynep & Kıray, Seyit (2018). STEM Skills in the 21st Century Education. In book: *Research Highlights in STEM Education*. pp. 81-101. Publisher: ISRES Publishing. Retrieved from:

[https://www.researchgate.net/publication/332574347 STEM SKILLS in the 21 ST CENTURY EDUCATION](https://www.researchgate.net/publication/332574347_STEM_SKILLS_in_the_21_ST_CENTURY_EDUCATION) (accessed on 11.05.2020).

450. Sentance, S., Humphreys, S., & Dorling, M. (2014). The Network of Teaching Excellence in Computer Science and Master Teachers. WIPSCE '14 (Workshop in Primary and Secondary Computing Education).
451. Sentence S., Dorling M., McNicol A., Crick T. (2012). Grand challenges for the UK: Upskilling teachers to teach computer science within the secondary curriculum. Proceedings of the 7th Workshop in Primary and Secondary Computing Education. DOI: 10.1145/2481449.2481469.
452. Sentence, S., & Csizmadia, A. (2017). Computing in the curriculum: Challenges and strategies from a teacher's perspective. *Educ Inf Technol.* 22:469-495. DOI 10.1007/s10639-016-9482-0.
453. Shah D., (2015, December 21): By The Numbers: MOOCS in 2015 Retrieved from: <https://www.class-central.com/report/moocs-2015-stats> (accessed on 21.04.2020).
454. Shaping the Digital Single Market (2020, February 19). European Union. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/shaping-digital-single-market> (accessed on 24.04.2020).
455. Siekmann, G. & Korbel, P. (2016). Defining 'STEM' skills: review and synthesis of the literature - support document 1, NCVER, Adelaide. 56 p. Retrieved from: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED570655.pdf> (accessed on 28.04.2020).
456. Silk, E.M. (2011). Resources for learning robots: Environments and framings connecting math in robotics: Doctoral dissertation. University of Pittsburgh. (No. 8607). Retrieved from: <https://www.cmu.edu/roboticsacademy/PDFs/Research/SilkEliM2011.pdf> (accessed on 01.10.2019).
457. Singapore STEM Robotics Coding Culture Exchange Education Edutour. St. Uriel Education. Retrieved from: <https://sturiel.com> (accessed on 25.05.2020).

458. Sisman, B., & Kucuk, S. (2019). An educational robotics course: Examination of educational potentials and pre-service teachers' experiences. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 5(2), 510-531. ISSN: 2148-9955. Retrieved from: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1205775.pdf> (accessed on 11.05.2020).
459. Skill shift: Automation and the future of the workforce (2018 May). McKinsey Global Institute. 84 p. Retrieved from: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/Skill%20shift%20Automation%20and%20the%20future%20of%20the%20workforce/MGI-Skill-Shift-Automation-and-future-of-the-workforce-May-2018.ashx> (accessed on 11.05.2020).
460. Soft skills (2020, April 13). Wikijob. Retrieved from: <https://www.wikijob.co.uk/content/interview-advice/competencies/soft-skills> (accessed on 12.05.2020).
461. Soft skills. Wikipedia. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Soft_skills (accessed on 12.05.2020).
462. Song, M. (2019). Integrated STEM teaching competencies and performances as perceived by secondary teachers in South Korea. *International Journal of Comparative Education and Development*, Vol. 22 No. 2, pp. 131-146. <https://doi.org/10.1108/IJCED-02-2019-0016>.
463. STEM Education. European Schoolnet. Retrieved from: <http://www.eun.org/focus-areas/stem> (accessed on 25.05.2020).
464. STEM Projects. European Schoolnet. Retrieved from: <http://www.eun.org/projects/stem> (accessed on 25.05.2020).
465. STEM-освіта. Інститут модернізації змісту освіти. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita> (дата звернення: 03.12.2019).
466. Strutynska O.V., Umryk M.A., ICT tools and trends in research, education and science, in IV International Conference. *Digital Education in Environmental Universities*, Kyiv, 2017, p. 26-27.

467. Strutynska, O. (2013). Formation and Development of Distance Learning Competences of The Future Information Science Teachers In: 'E-learning & Lifelong Learning', Monograph Sc. Editor: Eugenia Smyrnova-Trybulska, University of Silesia, Studio-Noa, Katowice-Cieszyn, Vol. 5, 2013, p. 203-215.
468. Strutynska, O., & Umryk, M. (2016). The Use of MOOCs for Training of the Future Computer Science Teachers in Ukraine In: 'E-learning & Lifelong Learning', Monograph Sc. Editor: Eugenia Smyrnova-Trybulska, University of Silesia, Studio-Noa, Katowice-Cieszyn, Vol. 8, 2016, p. 297-320. Retrieved from: http://weinoe.us.edu.pl/sites/weinoe.us.edu.pl/files/table_of_contents_e-learning-8-tom.pdf (accessed on 01 February 2020).
469. Strutynska, O., & Umryk, M. (2017). ICT Tools and Trends in Research, Education and Science: Local Survey. *Electronic scientific professional publication "Open educational e-environment of modern University"*, (3), pp. 150-160. ISSN: 2414-0325. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2017.3.15016>.
470. Strutynska, O., & Umryk, M. (2018). Analysis of Development Level of the Digital Competences of the Ukrainian Educators In: E. Smyrnova-Trybulska (ed.). *E-learning and Smart Learning Environment for the Preparation of New Generation Specialists* Vol. 10 (2018), Katowice-Cieszyn: Studio Noa for University of Silesia ISSN: 2451-3644 (print edition) ISSN 2451-3652 (digital edition) ISBN: 978-83-66055-05-6. pp. 615-639. Retrieved from: <http://weinoe.old.us.edu.pl/sites/weinoe.us.edu.pl/files/media/10-615.pdf> (accessed on 09 February 2020) – **WoS**.
471. Strutynska, O., & Umryk, M. (2019). Learning StartUps as Project Based Approach in STEM Education In: E. Smyrnova-Trybulska (ed.). *E-learning and STEM Education "E-learning"*. Vol. 11. pp. 529-555. Katowice-Cieszyn: Studio Noa for University of Silesia. ISSN: 2451-3644 (print edition). Retrieved from: <https://us.edu.pl/wydzial/wsne/wp-content/uploads/sites/20/2020/01/E-learning-11.pdf> (accessed on 01 February 2020) – **WoS**.

472. Strutynska, O., & Umryk, M. (2020). Distance learning tools and trends: local survey of the Ukrainian Educators In: E. Smyrnova-Trybulska (ed.). Innovative Educational Technologies, Tools and Methods for E-learning. Seria on E-learning. Vol. 12 (2020). Katowice-Cieszyn: Studio Noa for University of Silesia. pp. 230-241. DOI: 10.34916/el.2020.12.20. ISSN: 2451-3644. Retrieved from: <http://studio-noa.pl/doi/e-learning/12/el-2020-12-20.pdf>.
473. Strutynska, O., & Umryk, M. (2017). ICT Tools and Trends in Research, Education and Science: Local Survey. *Electronic scientific professional publication "Open educational e-environment of modern University"*. (3). pp. 150-160. ISSN: 2414-0325. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2017.3.15016>. Retrieved from: <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/79> (accessed on 22.05.2020).
474. Sung Eun Jung & Eun-sok Won, Systematic Review of Research Trends in Robotics Education for Young Children. *Sustainability*, 2018, 10, 905; doi: 10.3390/su10040905. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/4/905/htm> (accessed on 03.12.2019).
475. Survey of Schools: ICT in Education (2013). European Commission. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2013. 182 p. ISBN 978-92-79-28121-1. doi:10.2759/94499. Retrieved from: http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/dae/document.cfm?doc_id=1800 (accessed on 18.07.2020).
476. TeachThought (2017). Envisioning The Future Of Technology In Education. Retrieved from: <https://www.teachthought.com/learning-models/6-characteristics-of-tomorrowsclassroom-technology> (accessed on 18.07.2020).
477. The 3 key skill sets for the workers of 2030 (2018, June 1). World Economic Forum. Retrieved from: <https://www.weforum.org/agenda/2018/06/the-3-skill-sets-workers-need-to-develop-between-now-and-2030/> (accessed on 12.05.2020).

478. The Digital Competence Framework 2.0 | EU Science HUB (2019, September 1). European Commission. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcomp/digital-competence-framework> (accessed on 18.05.2020).
479. The Digital Education Action Plan (2021-2027). September 2020. European Commission. 20 p. Retrieved from: https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/document-library-docs/deap-communication-sept2020_en.pdf (accessed on 01.10.2020).
480. The Digital Education Action Plan. 17 January 2018. European Commission. 12 p. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0022&from=EN> (accessed on 18.07.2020).
481. The European Digital Competence Framework for Citizens (DigComp). Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016, 12 p. ISBN 978-92-79-50509-6, doi:10.2767/00458. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=15688&langId=en> (accessed on 18.05.2020).
482. The European Digital Strategy | Shaping Europe's digital future. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/content/european-digital-strategy> (accessed on 07.05.2020).
483. The Future of Jobs Report (2016, January). World Economic Forum. Retrieved from: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf (accessed on 11.05.2020).
484. The Future of Jobs Report 2018. World Economic Forum. Retrieved from: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf?fbclid=IwAR1dhE70_5g-sJBtXhct5L_mrCciaWzDv8a0WiHJJXvItfjEhl0MpfH1shs (accessed on 01.04.2020).
485. The Global Competitiveness Report 2018 - Profile Ukraine. World Economic Forum. Retrieved from:

- http://www3.weforum.org/docs/GCR2018/03CountryProfiles/WEF_GCI4_2018_Profile_Ukraine.pdf (accessed on 14.07.2020).
486. The Global Information Technology Report 2015 - Ukraine (2015, April 15). World Economic Forum. Retrieved from: <http://www3.weforum.org/docs/GITR15/UKR.pdf> (accessed on 14.07.2020).
487. The Global Information Technology Report 2015. World Economic Forum. 381 p. ISBN: 978-92-95044-48-7. Retrieved from: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_IT_Report_2015.pdf (accessed on 13.07.2020).
488. The Global Information Technology Report 2016 - Ukraine (2016, July 6). World Economic Forum. Retrieved from: http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Ukraine_2016.pdf (accessed on 13.07.2020).
489. The Global Information Technology Report 2016. World Economic Forum. 307 p. ISBN: 978-1-944835-03-3. Retrieved from: http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Full_Report.pdf (accessed on 13.07.2020).
490. The ICT Development Index (IDI). (2019, February). (дата звернення: 01.08.2020). ITU. [PowerPoint Presentation]. 83 p. Retrieved from: https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/statistics/ITU_ICT%20Development%20Index.pdf (accessed on 01.08.2020).
491. The next-generation digital learning environment and a framework for change for education institutions. Cisco. 2018. 20 p. Retrieved from: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/education/digital-learning-environment.pdf (accessed on 29.04.2020).
492. The State of Technology in Education 2019/20. The Future of Tech in Education. Promethean. Retrieved from:

<https://resourced.prometheanworld.com/technology-education-industry-report/#future-of-tech-in-education> (accessed on 22.04.2020).

493. Tocháček, D. & Lapeš, J. (2012). The Project of Integration the Educational Robotics into the Training Programme of Future ICT Teachers. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 69. 595-599. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.11.451.
494. Tocháček, D., Lapeš, J., & Fuglík, V. (2017). Developing Technological Knowledge and Programming Skills of Secondary Schools Students through the Educational Robotics Projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 217 (2016). 377-381. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.02.107>.
495. Touretzky D. Seven big ideas in robotics, and how to teach them. Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education. Raleigh, North Carolina, USA, 2012. pp. 39-44.
496. Trachta, A. (2018, September 11). STEM vs. STEAM vs. STREAM: What's the Difference? Niche. Retrieved from: <https://www.niche.com/blog/stem-vs-steam-vs-stream> (accessed on 25.05.2020).
497. Transforming Education: The Power of ICT Policies (2011). UNESCO. ISBN: 9-789231-042126. 244 p. Retrieved from: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002118/211842e.pdf> (accessed on 18.07.2020).
498. Tutova, O.V., & Savchenko Ye.A. (2019). Ukraine In The Information and Communication Technology Development Ranking. Control systems and computers, 2019, № 3. pp. 70-78. ISSN 2706-8145. DOI <https://doi.org/10.15407/usim.2019.03.070>. Retrieved from: <http://usim.org.ua/arch/2019/3/9.pdf> (accessed on 01.08.2020).
499. Ukraine - Network Readiness Index 2019. Portulans Institute. Retrieved from: <https://networkreadinessindex.org/countries/ukraine> (accessed on 13.07.2020).
500. Umryk, M., (2013). Using active e-learning to accommodate the Net Generation of learners In: 'E-learning & Lifelong Learning', Monograph Sc. Editor: Eugenia Smyrnova-Trybulska, University of Silesia, Studio-Noa, Katowice-Cieszyn,

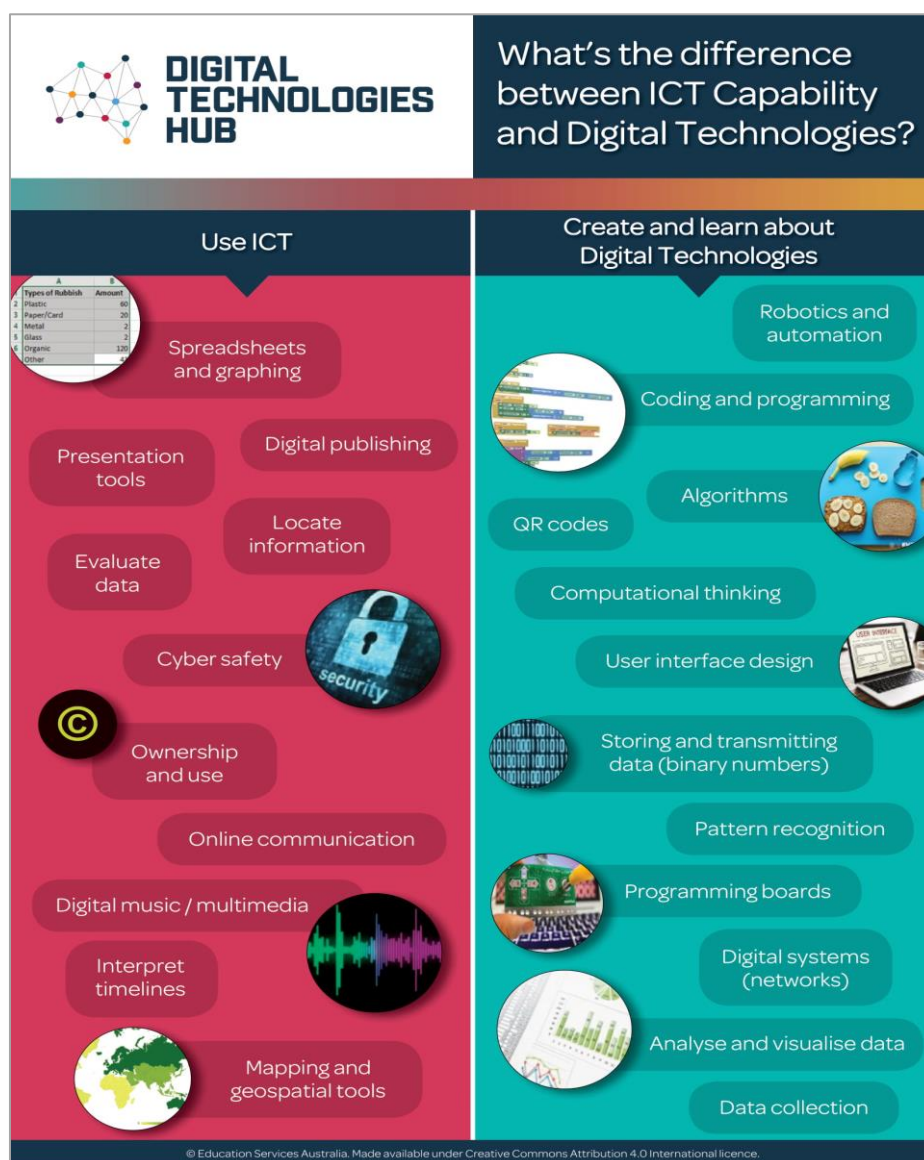
- Vol. 5, 2013, pp. 101-113. Retrieved from: <https://us.edu.pl/wydzial/wsne/wp-content/uploads/sites/20/Nieprzypisane/E-learning-and-Lifelong-Learning.pdf.pdf> (accessed on 20.05.2020).
501. Uzun, A. (2020). Using Educational Robotics as a Cognitive Tool for ICT Teachers in an Authentic Learning Environment. *International Education Studies*, Vol. 13, Issue 4. pp. 27-40. ISSN 1913-9020 E-ISSN 1913-9039. doi:10.5539/ies.v13n4p27. Retrieved from: https://pdfs.semanticscholar.org/abcf/cebfc8bd0bd200c612c5a63f8bb862396125.pdf?_ga=2.114413639.1977750766.1590785701-1718930488.1590785701 (accessed on 29.05.2020).
502. Van Dijk, J. (2005). *The Network Society: Social Aspects of New Media*. London: Sage.
503. Verhoef, P.C., Broekhuizen, T., Bart, Y. et al. (2019). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, ISSN: 0148-2963. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>.
504. Verhulst, S. (2002). About Scarcities and Intermediaries: the Regulatory Paradigm Shift of Digital Content Reviewed. In L.A. Lievrouw & S. Livingstone (Eds.), *The Handbook of New Media*. pp. 432-447. London: Sage Publications.
505. Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, Vol: 28, Issue: 2, Page: 118-144. ISSN: 0963-8687. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>.
506. Vince (2018, May 24). 19 Futuristic STEM Jobs: Finding a Career in the Future. ID Tech. Retrieved from: <https://www.idtech.com/blog/futuristic-stem-jobs-and-career-list-for-students> (accessed on 05.05.2020).
507. Vogelsang, M. (2010). *Digitalization in Open Economies: Theory and Policy Implications*.
508. Vuorikari, R., Punie, Y., Carretero Gomez S., Van den Brande, G. (2016). *DigComp 2.0: The Digital Competence Framework for Citizens. Update Phase 1:*

The Conceptual Reference Model. Luxembourg Publication Office of the European Union. EUR 27948 EN. ISBN 1831-9424. doi:10.2791/11517.

509. What digital skills do adults need to succeed in the workplace now and in the next 10 years? (2018 June). Warwick Institute for Employment Research. University of Warwick. 74 p. Retrieved from: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/807831/What_digital_skills_do_adults_need_to_succeed_in_the_workplace_now_and_in_the_next_10_years_.pdf (accessed on 17.05.2020).
510. What is Industry 4.0 and What Does it Mean for My Manufacturing? (2017, March 2). Retrieved from: <https://blog.viscosity.com/blog/what-is-industry-4.0-and-what-does-it-mean-for-my-manufacturing> (accessed on 14.11.2019).
511. What is Industry 4.0? Definition from Whatls.com. Retrieved from: <https://searcherp.techtarget.com/definition/Industry-40> (accessed on 14.11.2019).
512. What is the difference between ICT and Digital Technologies? Online Coding & Digital Courses for Kids, Educators & Businesses. Retrieved from: <https://www.codingworkshopsforkids.com.au/difference-between-ict-and-digital-technologies> (accessed on 06.04.2020).
513. What is the STREAM Education Initiative? Catholic Schools. Retrieved from: <https://www.wnycatholicschools.org/documents/STREAM/2016%202017/STREAM%20Executive%20Summary.pdf> (accessed on 25.05.2020).
514. Wheeler, S. (2013). Episode 3.1: A pyramid of digital engagement? [Online Course lecture]. Childhood in the digital age. The Open University. Retrieved from: <https://www.open.edu/openlearn/ocw/mod/oucontent/view.php?id=21151§ion=2> (accessed on 20.05.2020).
515. Wheeler, S. (2013, May 10). Just how far can they go? | Learning with 'e's. Blog. Retrieved from: <http://www.steve-wheeler.co.uk/2013/05/just-how-far-can-they-go.html> (accessed on 20.05.2020).

516. Who is prepared for the new digital age? EIB Investment Survey (EIBIS) 2019. Retrieved from: <https://www.eib.org/en/about/economic-research/surveys-data/eibis-digitalisation-report> (accessed on 07.05.2020).
517. Why STEM subjects and democratic citizenship go together. *Proceedings from the CESAER conference* (19 October 2017). Retrieved from: https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2014-2019/navracsics/announcements/why-stem-subjects-and-democratic-citizenship-go-together_en Budapest (accessed on 20 July 2019).
518. Wildan, M.W., Umri, A.I., Hashim, H.U., Dahlan, A.R.A. A Business Case for Digital Transformation of a Malaysian-Based University. In Proceedings of the 2018 International Conference on Information and Communication Technology for the MuslimWorld (ICT4M), Kuala Lumpur, Malaysia, 23-25 July 2018; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2018; pp. 106-109. DOI: 10.1109/ICT4M.2018.00028.
519. World Economic Forum (2015). *New Vision for Education: Unlocking the Potential of Technology*. Cologny, Geneva: World Economic Forum. 32 p. Retrieved from: http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_NewVisionforEducation_Report2015.pdf (accessed on 28.04.2020).
520. World of STEM. STEM Alliance. Retrieved from: <http://www.stemalliance.eu/world-stem> (accessed on 25.05.2020).

Відмінність між інформаційно-комунікаційними та цифровими технологіями



(Ресурс: за даними з джерела [512], URL:

https://www.digitaltechnologieshub.edu.au/docs/default-source/resource-bank/dthub_infographic_final.pdf (дата звернення 06.08.2020))

З рисунку видно, що до ІКТ відносяться засоби для створення презентацій, онлайн комунікація, мультимедіа, карти, публікація контенту в інтернеті, використання даних та ін. В той же час до цифрових технологій належать програмування, робототехніка й

автоматизація, дизайн користувацьких інтерфейсів, обчислювальне мислення, розпізнавання образів, аналіз та візуалізація даних та ін.

Індекси мережної готовності України за 2010-2019 роки

Рік	Індекс України	Кількість країн, що брали участь у дослідженні
2019	67	121
2016	64	139
2015	71	143
2014	81	148
2013	73	144
2012	75	142
2011	90	138
2010	82	132

(Ресурс: власна розробка на основі джерел [406; 427; 486; 488; 499])

У 2017 та 2018 роках дослідження з визначення індексів мережної готовності країн не проводились.

Рейтинги цифрової конкурентоспроможності України за 2017-2019 роки

Рік	Рейтинг України	Всього країн, що брали участь у дослідженні
2019	60	63
2018	58	63
2017	60	63

(Ресурс: власна розробка на основі джерел [361; 362; 363, с. 164])

**Фрагмент освітньо-професійної програми
"Середня освіта (інформатика) та робототехніка"
для підготовки бакалаврів**

1 – Загальні відомості про освітньо-професійну програму	
<i>Повна назва вищого навчального закладу та структурного підрозділу</i>	Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова Факультет інформатики Випускова кафедра: <i>кафедра інформаційних технологій і програмування</i>
<i>Ступінь вищої освіти та назва кваліфікації мовою оригіналу</i>	Ступінь вищої освіти: <i>бакалавр (перший ступінь)</i> Кваліфікація: <i>бакалавр освіти (інформатика), вчитель інформатики закладу загальної середньої освіти, керівник гуртка робототехніки</i>
<i>Офіційна назва освітньої програми</i>	Середня освіта (інформатика) та робототехніка
<i>Тип диплому та обсяг освітньої програми</i>	Диплом бакалавра, одиничний, 240 кредитів ЄКТС Термін навчання – 3 роки 10 місяців
<i>Цикл / рівень</i>	FQ-EHEA-перший цикл, QF-LLL – 6 рівень, НРК – 6 рівень
<i>Передумови</i>	Наявність повної загальної середньої освіти
<i>Мова(и) викладання</i>	українська
<i>Інтернет-адреса постійного розміщення опису освітньої програми</i>	http://fi.npu.edu.ua/navchalni-plany

2 – Мета навчання за освітньою програмою	
Надати студентам освіту в галузі:	
<ul style="list-style-type: none"> – теоретичних основ інформатики та інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) із широким доступом до працевлаштування; – фундаментальних та професійно-орієнтованих знань та вмінь в освітній галузі. 	
Підготувати студентів до:	
<ul style="list-style-type: none"> – певних розділів навчання інформатики та застосування ІКТ для подальшого навчання на наступного освітньому рівні; – викладацької, навчально-виховної, науково-методичної та організаційно-управлінської діяльності в закладах загальної середньої освіти I-II ст.; – успішного здійснення професійної діяльності в освітній галузі зі спеціальності 014.09 "Середня освіта (інформатика)" у відповідності з описом 6 рівня Національної рамки кваліфікацій України. 	

3 – Характеристика освітньої програми	
<i>Предметна область (галузь знань, спеціальність, спеціалізація)</i>	01 Освіта / Педагогіка 014 "Середня освіта" 014.09 "Середня освіта (інформатика)" <u>Додаткова кваліфікація за вибірконим блоком дисциплін:</u>

	<p>Студент отримує додаткову кваліфікацію "керівник гуртка робототехніки" за вибіркоким блоком дисциплін "Освітня робототехніка".</p> <p>Співвідношення між напрямками: 014.09 "Середня освіта (інформатика)", психолого-педагогічні науки, дисципліни вибіркового блоку "Освітня робототехніка" – 50:25:12,5.</p>
Орієнтація освітньої програми	<p>Освітньо-професійна програма для бакалаврів має прикладну спрямованість (у галузі освітньої робототехніки).</p> <p>Програма ґрунтується на:</p> <ul style="list-style-type: none"> – загальновідомих наукових результатах із врахуванням сьогоdnішнього стану розвитку інформатики та ІКТ, в рамках яких можлива подальша професійна та наукова кар'єра: інформатика (теоретична та прикладна), ІКТ, вчитель інформатики, керівник гуртка робототехніки; – методичних засадах навчання інформатики та освітньої робототехніки в закладах загальної середньої освіти; – питаннях впровадження ІКТ у навчально-виховний процес закладів загальної середньої освіти; традиційних та інноваційних підходах до їх вирішення засобами сучасної педагогічної науки.
Основний фокус освітньої програми та спеціалізації	<p>Загальна освіта Інформатика та ІКТ (загальна освіта в галузі теоретичних основ інформатики, ІКТ та методики їх навчання). Освіта в галузі педагогіки та інформатики для подальшого успішного здійснення професійної діяльності в закладах загальної середньої освіти.</p> <p>Спеціальна освіта Освітня робототехніка (акцент на освітню робототехніку та методику її навчання).</p> <p>Ключові слова: інформатика, ІКТ, освітня робототехніка, педагогіка.</p>
Особливості програми	<p>Навчальний план та програми дисциплін розроблялися із врахуванням досвіду та результатів наукових досліджень провідних педагогічних університетів, а також сучасних тенденцій розвитку ІКТ.</p> <p>Освітня програма носить експериментальний характер (у галузі освітньої робототехніки).</p> <p>Навчання окремих дисциплін та/або їх модулів може здійснюватися англійською мовою.</p>

4 – Придатність випускників до працевлаштування та подальшого навчання

Придатність до працевлаштування	<p>Особа, яка здобула ступінь бакалавра за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)", може займатися наступними видами діяльності:</p> <ul style="list-style-type: none"> – викладацька діяльність у закладах загальної середньої освіти І-ІІ ступенів, професійно-технічних, професійних навчально-виховних закладах, закладах позашкільної освіти учнівської молоді на посадах вчителя інформатики та керівника гуртка робототехніки; – виконання посадових обов'язків техника-програміста, фахівця з розробки програмного забезпечення в ІТ-компаніях, малих підприємствах, інститутах технологічного та інформаційного сектора (дослідник), лаборанта (освіта);
--	---

	<p>Особа, яка здобула ступінь бакалавра за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)", може займати первинні посади відповідно до професійних назв робіт (за ДК 003:2010 та НКУ "Класифікатор професій 2016"), а саме:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вчитель закладу загальної середньої освіти (КОД КП – 2320, КОД ЗКППТР – 25157); – викладач професійно-технічного навчального закладу (КОД КП – 2320 / ДК 003:2010); – викладач професійного навчально-виховного закладу (КОД КП – 2320, КОД ЗКППТР – 24420); – викладач-стажист (КОД КП – 3340); – лаборант (освіта) (КОД КП – 3340); – технік-програміст (КОД КП – 3121, КОД ЗКППТР – 25036).
Подальше навчання	<p>Можливість навчатися за програмами другого циклу (магістерські програми з середньої освіти (інформатика), міждисциплінарні програми, близькі до освіти (педагогіка вищої освіти, управління навчальним закладом тощо).</p>

5 – Викладання та оцінювання

Викладання та навчання	<p>Студентоцентроване навчання, самонавчання, проблемно-орієнтоване навчання, навчання в процесі лекційних, семінарських, практичних та лабораторних занять, через проектну діяльність, а також у процесі навчальних практик з виготовлення електронних освітніх ресурсів, пропедевтичної педагогічної та виробничих педагогічних практик, підготовки бакалаврської роботи, під час самостійної роботи з дистанційними курсами та відкритими освітніми ресурсами, консультацій з викладачами.</p>
Оцінювання	<p>Форми контролю:</p> <ul style="list-style-type: none"> • поточний контроль, індивідуальні проекти, модульні контрольні роботи, заліки, екзамени із використанням засобів тестових технологій на базі платформи дистанційного навчання Moodle (www.moodle.fi.npu.edu.ua); • захист курсових робіт (2, 5, 6, 7 семестри); • підсумковий комплексний кваліфікаційний екзамен (8 семестр); • захист бакалаврської роботи (8 семестр).

6 – Програмні компетентності

Інтегральна компетентність	<p>ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі середньої освіти, навчати інформатики в рамках програми середньої школи, розв'язувати задачі шкільного та вище шкільного рівня, розуміти тенденції розвитку сучасних ІКТ. Це передбачає застосування теорій та методів освітніх наук та інформатики, характеризується комплексністю та невизначеністю педагогічних умов організації навчально-виховного процесу в закладах загальної середньої освіти.</p>
-----------------------------------	--

Структурно-логічна схема ОПШ "Середня освіта (інформатика) та робототехніка" для підготовки бакалаврів

Обов'язкова частина



Вибіркова частина



**Фрагмент освітньо-професійної програми
"Середня освіта (інформатика) та робототехніка"
для підготовки магістрів**

1 – Загальні відомості про освітньо-професійну програму	
Повна назва вищого навчального закладу та структурного підрозділу	Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова Факультет інформатики Випускова кафедра: <i>кафедра інформаційних технологій і програмування</i>
Ступінь вищої освіти та назва кваліфікації мовою оригіналу	Ступінь вищої освіти: <i>магістр (другий ступінь)</i> Кваліфікація: <i>магістр освіти (інформатика), викладач інформатики закладу вищої освіти, вчитель інформатики закладу загальної середньої освіти, керівник гуртка робототехніки</i>
Офіційна назва освітньої програми	Середня освіта (інформатика) та робототехніка
Тип диплому та обсяг освітньої програми	Диплом магістра, одиничний, 90 кредитів ЄКТС Термін навчання – 1 рік 4 місяці
Цикл / рівень	FQ-EHEA-другий цикл, QF-LLL – 7 рівень, НПК – 2 рівень
Передумови	Наявність освітнього ступеня "Бакалавр"
Мова(и) викладання	українська
Інтернет-адреса постійного розміщення опису освітньої програми	http://fi.npu.edu.ua/navchalni-planu

2 – Мета навчання за освітньою програмою	
Забезпечити:	
<ul style="list-style-type: none"> – фундаментальну теоретичну та практичну підготовку висококваліфікованих фахівців, які володіють поглибленими теоретичними знаннями, готові до виконання професійних практичних завдань і обов'язків науково-дослідницького характеру в галузях, що належать до теоретичних основ інформатики, ІКТ, системних та комп'ютерних наук, методика навчання інформатики та інформатичних дисциплін; – засвоєння студентами знань, формування умінь, навичок та компетентностей за вищезазначеними напрямками для надання їм можливостей формування умінь та навичок самостійної науково-дослідницької діяльності; – розвиток здібностей студентів до коректної самостійної постановки та вирішення завдань науково-практичної діяльності в науково-дослідних і виробничих організаціях, в т.ч. до педагогічної діяльності в закладах вищої, професійно-технічної та середньої освіти різного рівня акредитації; – здобуття студентами загальних засад методології наукової та/або професійної діяльності, формування інших компетентностей, достатніх для ефективного виконання завдань інноваційного характеру відповідного рівня професійної діяльності; 	

- формування фундаментальних знань, умінь та професійно-орієнтованих компетентностей в освітній галузі.

Підготувати студентів до:

- навчання певних розділів інформатики та застосування ІКТ в професійній діяльності;
- викладацької, навчально-виховної, науково-методичної та організаційно-управлінської діяльності у закладах вищої, професійно-технічної та середньої освіти різного рівня акредитації;
- успішного здійснення професійної діяльності в освітній галузі;
- подальшого навчання на наступного освітньому рівні.

3 – Характеристика освітньої програми	
<i>Предметна область (галузь знань, спеціальність, спеціалізація)</i>	<p>01 Освіта / Педагогіка 014 "Середня освіта" 014.09 "Середня освіта (інформатика)" <u>Додаткова кваліфікація за вибіркоким блоком дисциплін:</u> Студент отримує додаткову кваліфікацію "керівник гуртка робототехніки" за вибіркоким блоком дисциплін "Освітня робототехніка". <u>Співвідношення між напрямками:</u> Професійна, практична та науково-дослідницька підготовка за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)" (65%), додаткова спеціалізація за вибіркоким блоком дисциплін "Освітня робототехніка" (20%), психолого-педагогічні та гуманітарні науки (15%).</p>
<i>Орієнтація освітньої програми</i>	<p>Освітньо-професійна програма для магістрів має прикладну спрямованість (у галузі освітньої робототехніки). <u>Програма ґрунтується на:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - загальновідомих наукових результатах із врахуванням сьогоdnішнього стану розвитку інформатики та ІКТ, в рамках яких можлива подальша професійна та наукова кар'єра: інформатика (теоретична та прикладна), ІКТ, викладач інформатики закладу вищої, професійно-технічної та загальної середньої освіти різного рівня акредитації, керівник гуртка робототехніки; - методичних засадах навчання інформатики, інформатичних дисциплін у закладах вищої, професійно-технічної та загальної середньої освіти різного рівня акредитації й освітньої робототехніки в закладах загальної середньої та позашкільної освіти; <p>Викладацька лінія є практично-орієнтованою.</p>
<i>Основний фокус освітньої програми та спеціалізації</i>	<p><u>Загальна освіта</u> Інформатика та ІКТ (загальна освіта в галузі теоретичних основ інформатики, ІКТ та методики навчання інформатики та інформатичних дисциплін). Освіта в галузі педагогіки та інформатики для подальшого успішного здійснення професійної діяльності в закладах вищої, професійно-технічної та загальної середньої освіти різного рівня акредитації. <u>Спеціальна освіта</u> Освітня робототехніка (акцент на освітню робототехніку та методику її навчання).</p>

	Ключові слова: інформатика, ІКТ, освітня робототехніка, педагогіка.
Особливості програми	<p>Навчальний план та програми дисциплін розроблялися із врахуванням досвіду та результатів наукових досліджень провідних педагогічних університетів.</p> <p>В умовах інтенсивного розвитку сучасних ІКТ забезпечено постійне оновлення навчальних планів і програм навчальних дисциплін у блоці варіативної складової з урахуванням провідного українського та закордонного досвіду, а також сучасних тенденцій розвитку суспільства. Акцент програми зроблений на науково-дослідницьку діяльність у галузі теоретичної та прикладної інформатики, ІКТ, освітньої робототехніки, методики навчання інформатики та інформатичних дисциплін.</p> <p>Освітня програма носить експериментальний характер (у галузі освітньої робототехніки).</p> <p>Навчання окремих дисциплін може здійснюватися англійською мовою.</p>

4 – Придатність випускників до працевлаштування та подальшого навчання	
Придатність до працевлаштування	<p>Особа, яка здобула ступінь магістра за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)", може займатися наступними видами діяльності:</p> <ul style="list-style-type: none"> – викладацька діяльність у закладах вищої освіти, закладах загальної середньої освіти, професійно-технічних, професійних навчально-виховних закладах, закладах позашкільної освіти учнівської молоді на посадах викладача інформатики та інформатичних дисциплін, вчителя інформатики та керівника гуртка робототехніки; – виконання посадових обов'язків техника-програміста, фахівця з розробки програмного забезпечення в ІТ-компаніях, малих підприємствах, інститутах технологічного та інформаційного сектора (дослідник), лаборанта (освіта); <p>Особа, яка здобула ступінь магістра за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)", може займати первинні посади відповідно до професійних назв робіт (за ДК 003:2010 та НКУ "Класифікатор професій – 2016"), а саме:</p> <ul style="list-style-type: none"> – асистент або викладач інформатики закладу вищої освіти (КОД КП – 2320.02); – викладач інформатики професійно-технічного навчального закладу (КОД КП – 2320 / ДК 003:2010); – викладач інформатики професійного навчально-виховного закладу (КОД КП – 2320, КОД ЗКППТР – 24420); – вчитель інформатики закладу загальної середньої освіти (КОД КП – 2320, КОД ЗКППТР – 25157); – викладач-стажист (КОД КП – 3340); – інженер-лаборант або старший лаборант (у науково-дослідних освітніх установах, дослідницьких лабораторіях) (КОД КП – 3340); – технік-програміст (КОД КП – 3121, КОД ЗКППТР – 25036).

	<p><u>Сфера діяльності випускників</u> – заклади освіти, комп’ютерні фірми, ІТ-компанії.</p> <p><u>Місцем роботи</u> можуть бути організації, що загалом використовують ІКТ, ІТ-компанії; науково-дослідні організації; заклади освіти різного рівня акредитації (університети, середні спеціалізовані заклади та заклади загальної середньої освіти).</p>
Подальше навчання	<p>Можливість навчатися за програмами третього циклу, а саме продовжувати навчання в аспірантурі для отримання освітньо-наукового рівня "Доктор філософії", міждисциплінарні програми, близькі до освіти (педагогіка вищої освіти, управління навчальним закладом тощо); можливість підвищення кваліфікації на підприємствах, в наукових, навчальних організаціях.</p>

5 – Викладання та оцінювання	
Викладання та навчання	<p>Студентоцентроване навчання, самонавчання, проблемно-орієнтоване навчання, навчання у процесі лекційних, семінарських, практичних та лабораторних занять, а також під час проходження науково-дослідницької, науково-педагогічної та переддипломної практик, підготовки магістерської роботи, самостійна робота з дистанційними курсами та відкритими освітніми ресурсами, консультації з викладачами.</p>
Оцінювання	<p>Форми контролю:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● поточний контроль, індивідуальні проекти, модульні контрольні роботи, заліки, екзамени із використанням засобів тестових технологій на базі платформи дистанційного навчання Moodle (www.moodle.fi.npu.edu.ua); ● оцінювання результатів науково-дослідницької, науково-педагогічної та переддипломної практик (1, 2, 3 семестри); ● підсумковий комплексний кваліфікаційний екзамен (3 семестр); ● захист магістерської роботи (3 семестр).

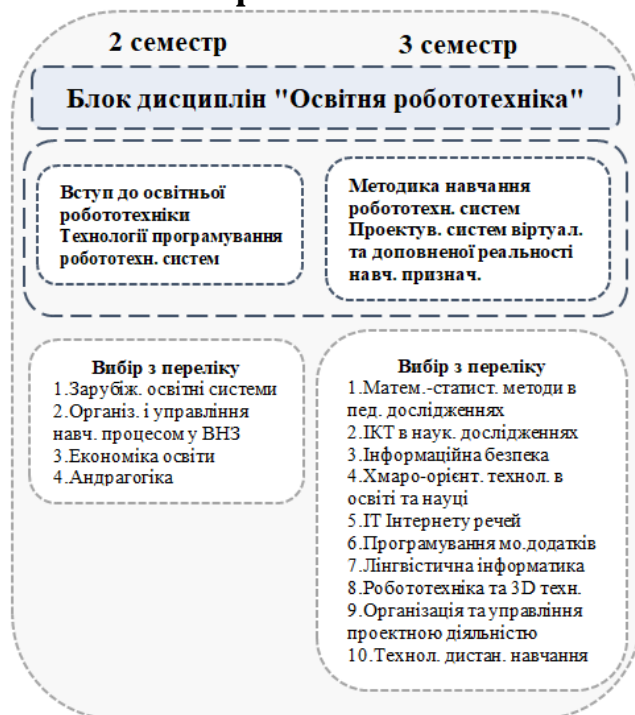
6 – Програмні компетентності	
Інтегральна компетентність	<p>ІК. Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі професійної діяльності, в процесі організації навчально-виховного процесу в закладах вищої, професійно-технічної та загальної середньої освіти; навчати інформатики в рамках програм закладів вищої, професійно-технічної та загальної середньої освіти.</p> <p>Це передбачає уміння проводити дослідження, аналізувати тенденції розвитку сучасних ІКТ, а також характеризується комплексністю та невизначеністю педагогічних умов.</p>

Структурно-логічна схема ОПШ "Середня освіта (інформатика) та робототехніка" для підготовки магістрів

Обов'язкова частина



Вибіркова частина



Інформаційні джерела для навчання курсу "Методика навчання робототехнічних систем"

Основна:

1. Бейктал Дж. Конструюем роботов на Arduino. Первые шаги / пер. с англ. О.А. Трефиловой. – М.: Лаборатория знаний, 2016. – 320 с.
2. Беспоясний Б.С. Особливості вивчення робототехніки Lego Mindstorms EV3 (спецкурс для вчителів, тренерів, менторів програм Lego-education). Черкаси, 2017.
3. Боровик Д.В., Вовковінська Н.В., Войченко О.П. Програма курсу "Технічна творчість. Робототехніка 5-9 класи". Комп'ютер у школі та сім'ї. Київ, 2017, №3. С. 12-17.
4. Василюк А.Д., Клименко П.О., Ніфантьєв К.С. Програма курсу за вибором "Робототехніка" для учнів 8-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів. 2018. URL: http://ies.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/GRIF_PROG_WEB.pdf.
5. Винницький Ю.А., Григорьев А.Т. Scratch и Arduino для юных программистов и конструкторов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 176 с.
6. Винницький Ю.А., Поляков К.Ю. Конструюем роботов на ScratchDuino. Первые шаги / Ю. А. Винницький, К. Ю. Поляков. – М.: Лаборатория знаний, 2016. – 116 с.
7. Гезалова М.А. Навчальна програма з позашкільної освіти науково-технічного напрямку "Основи робототехніки та комп'ютерного моделювання". Запоріжжя, 2013. 12 с. URL: http://www.grani.in.ua/wp-content/uploads/2018/10/robotech_zrazok.doc.
8. Дзюба С.М., Кіт І.В., Кіт О.Г., Мічуріна Г.В., Хачатрян С.А. Навчальна програма курсу за вибором з трудового навчання та технічної творчості для 5-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів "Технологія керування робототехнічними системами". 2013.
9. Киселев О.М. Математические основы робототехники. – Орел: издательство "Картуш", 2019. – 228 с.
10. Кіт І.В., Кіт О.Г. Програма курсу за вибором "Проектування робототехнічних систем" для вивчення у 7-9 класах. Листи ПТЗО від 23.05.2013 № 14.1/12-Г-178. 2013. URL: https://drive.google.com/file/d/0B7_wRGRJlavXV1I0V1Zib2t0OWs/view.
11. Кожем'яка Д.І. Навчальна програма курсу за вибором "Основи робототехніки" для вивчення у 5-9 класах. Лист ІМЗО від 04.12.2015 № 2.1/12-Г-106. К.: Пролого, 2015. URL: http://leader.ciit.zp.ua/files/menu_r2/programs/p_lego.pdf.
12. Копосов Д.Г. Робототехника на платформе Arduino: учебное пособие / Д.Г. Копосов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019. – 176 с.
13. Копосов Д.Г. Робототехника: учебное пособие. Уровень 3 / под ред. Л.Л. Босова
14. Копосов Д.Г. Технология. Робототехника. 5 класс: учебное пособие / Д.Г. Копосов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 95 с.
15. Копосов Д.Г. Технология. Робототехника. 6 класс: учебное пособие / Д.Г. Копосов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 127 с.

16. Копосов Д.Г. Технология. Робототехника. 7 класс: учебное пособие / Д.Г. Копосов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 128 с.
17. Копосов Д.Г. Технология. Робототехника. 8 класс: учебное пособие / Д.Г. Копосов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 128 с.
18. Косаченко С.В. Программирование учебного робота mBot. - Томск, 2019. – 90 с.
19. Лисенко Т.І., Шевель Б.О. Програма курсу за вибором "Основи робототехніки" як варіативного модуля до навчальної програми "Технології. 10-11 класи". Лист ІТЗО від 19.02.2015 № 14.1/12-Г-50. URL: <http://vynahidnyk.org/files/Doc2.doc>.
20. Луценко В.Ю. Використання засобів робототехніки при вивченні змістової лінії "Основи алгоритмізації та програмування": Методичний посібник. Вінниця: ММК, 2015. 38 с.
21. Лучковський А.І., Соколов В.А. Навчальна програма з позашкільної освіти дослідницько-експериментального напрямку "Робототехніка", 2018. 77 с. URL: <http://kyiv.man.gov.ua/upload/2018/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0/Robototexnika.pdf>.
22. Лучковський А.І., Соколов В.А. Технічна обдарованість старшокласників: Методичні рекомендації. К.: Вид-во Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2018. 253 с.
23. Навчальна програма "Технології 10-11 класи" (рівень стандарту) 2017. 29 с. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/tehnologiyi-ostatochnij-variant-10.11.17.docx>.
24. Навчальні програми з позашкільної освіти. Науково-технічний напрям / за ред. Шкури Г.А., Ніколайко Н.Ю. К.: УДЦПО, 2018. Вип. 3. 117 с.
25. Павлов Д.И., Ревякин М.Ю. Робототехника для 2-4 классов в 4 ч. Ч. 1 / под ред. Л.Л. Босова
26. Павлов Д.И., Ревякин М.Ю. Робототехника для 2-4 классов в 4 ч. Ч. 2 / под ред. Л.Л. Босова
27. Павлов Д.И., Ревякин М.Ю. Робототехника для 2-4 классов в 4 ч. Ч. 3 / под ред. Л.Л. Босова
28. Павлов Д.И., Ревякин М.Ю. Робототехника для 2-4 классов в 4 ч. Ч. 4 / под ред. Л.Л. Босова
29. Пахачук С.С., Оніщук І.П. Збірник навчальних програм з позашкільної освіти дослідницько-експериментального напрямку секції "Робототехніка" / [упоряд. О.Ф. Бурбела]. Луцьк. 2016. 40 с.
30. Сборник учебно-методических материалов по образовательной робототехнике / сост. О.С. Нетесова ; редкол.: М.А. Червонный, Е.Г. Пьяных. – Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2015. – 108 с.
31. Тарапата В.В., Самылкина Н.Н. Робототехника в школе: методика, программы, проекты. – М. Лаборатория знаний, 2017. – 109 с.
32. Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей. – СПб.: Наука, 2013. 319 с.
33. Филиппов С.А. Уроки робототехники. Конструкция. Движение. Управление. – М. Лаборатория знаний, 2017. – 176 с.

Додаткова:

34. Блум Дж. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства: Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 336 с.
35. Гололобов В. С чего начинаются роботы. О проекте Arduino для школьников. – 2011. – 189 с.
36. Гурьев А.С. Робоквантум тулкит. – М.: Фонд новых форм развития образования, 2017 – 128 с.
37. Ричардсон С., Уоллес Ш. Заводим Raspberry Pi / пер. с англ. – Амперка, 2013. – 230 с.
38. Юревич Е.И. Основы робототехники
39. Isogawa J. LEGO Technic Idea Book: Simple Machines / J. Isogawa. – San Francisco: No Starch Press, 2010. – 168 p.

Наукове видання

Струтинська Оксана Віталіївна

**Теоретико-методичні засади підготовки майбутніх
учителів інформатики до навчання освітньої
робототехніки в закладах середньої освіти**

Монографія

Матеріали подані в авторській редакції



Підписано до друку 20.11.2020 р. Формат 60x84/16.

Папір офсетний. Гарнітура Times.

Ум.др. арк. 29,41 Обл.-вид. арк 19,10

Наклад 300 прим. Зам. № 129

Віддруковано з оригіналів.

Видавництво Національного педагогічного університету
імені М.П. Драгоманова. 01601, м. Київ-30, вул. Пирогова, 9

Свідоцтво про реєстрацію № 1101 від 29.10.2002.

(044) 239-30-26.

